





20539

BIBLIOTECA PROVINCIALE

Armadio  Palchetto

Num.° d'ordine *14* *32314*

19 c *7/1*

NAZIONALE
B. Prov.
Vitt. Em. III
2383
NAPOLI

B. Prov.

I

2383

TOPOGRAPHIE

ET

GÉODÉSIE ÉLÉMENTAIRE.

608600

TOPOGRAPHIE

ET

GÉODÉSIE ÉLÉMENTAIRE

MANUEL

A L'USAGE DES OFFICIERS DE L'ARMÉE.

THÉORIE; FORMULES ET EXEMPLES NUMÉRIQUES;
DISTRIBUTION DES CALCULS DANS LES TABLEAUX DU DÉPÔT DE LA GUERRE;
TABLES POUR FACILITER LES CALCULS;
MODÈLES DE TOPOGRAPHIE DISTRIBUTÉS AUX OFFICIERS ATTACHÉS AU SERVICE DE LA CARTE DE FRANCE;
SUPPLÉMENT SUR LES RECONNAISSANCES MILITAIRES.

PAR P. TESTU,

Chef d'escadron d'Etat-major, ancien Elève de l'Ecole polytechnique, ancien officier au corps des Ingénieurs géographes.
Chef d'opération à la Géodésie du second ordre au Dépôt général de la guerre.



PARIS.

LIBRAIRIE MILITAIRE DE J. DUMAINE,

ANCIENNE MAISON ANSELIN,
RUE ET PASSAGE DAUPHINE, 36.

1849





A M. LE GÉNÉRAL DE DIVISION PELET,

DIRECTEUR DU DÉPÔT GÉNÉRAL DE LA GUERRE ET DES TRAVAUX DE LA CARTE DE FRANCE.

Mon Général,

Pour donner de l'uniformité aux travaux de la Carte de France, qui s'exécutent sous vos ordres, vous avez fait distribuer aux officiers qui en sont chargés, des Tableaux, Modèles et Instructions, destinés à leur servir de guide pendant le cours de leurs opérations.

Ces Tableaux topographiques, et ceux de la géodésie, dressés pour obtenir les résultats dans le même ordre et par les formules les plus simples, amènent la régularité indispensable dans ce grand œuvre, auquel préside, avec tant d'intérêt, votre habile direction.

Le désir de transmettre ces Tableaux à ceux qui nous succéderont, avec un Manuel d'opérations basé sur la simplifi-

cation des méthodes obtenues par les officiers qui ont exécuté un si beau travail sous vos ordres, m'a suggéré l'idée de cet ouvrage.

En vous offrant la dédicace de ce Manuel, j'ai pris le soin d'y apporter toute la clarté possible, afin de tâcher de le rendre digne de mon hommage.

Je suis, avec le plus profond respect,

Mon Général,

Votre très humble et très dévoué serviteur,

LE CHEF D'ESCADRON D'ÉTAT-MAJOR, ATTACHÉ A LA GÉODÉSIE DU 2^e ORDRE DE LA CARTE DE FRANCE,

TESTU.

RAPPORT

Sur un Manuel topographique à l'usage des officiers de l'armée, adressé à M. le général de division PELET, directeur du Dépôt de la guerre et des travaux de la Carte de France.

Le titre de ce Recueil indique clairement l'objet pour lequel il a été composé, savoir : de réunir en un corps d'ouvrage, jusque dans les moindres détails, tout ce qui se rapporte, méthodes et procédés, à l'exécution des diverses opérations que nécessite la confection d'une grande carte topographique. On voit, d'après cela, que ce Manuel est consacré spécialement à l'usage des officiers du corps d'Etat-major, qui sont employés aux travaux de la nouvelle Carte de France, ou qui pourront être appelés prochainement à en exécuter de semblables dans nos possessions du nord de l'Afrique, dont les besoins des services publics, s'accroissant de jour en jour en raison de la grande étendue de territoire qu'embrasse actuellement notre domination, à laquelle une stabilité durable semble être assurée désormais, ne tarderont pas à réclamer le bénéfice d'une carte topographique régulière construite sur une grande échelle. Ce Recueil offre également aux officiers des autres armes, un guide propre à les diriger dans les travaux de reconnaissance et de figuré du terrain.

Elève distingué de l'Ecole polytechnique et de l'ancienne Ecole d'application des ingénieurs-géographes, M. le capitaine Testu, auteur de ce Manuel, joint à de profondes connaissances théoriques une expérience éclairée, qu'il a acquise par une longue pratique dans la bonne exécution des opérations qui font la matière de cet ouvrage. Attaché au service de la nouvelle Carte de France presque dès l'origine de cette grande et mémorable entreprise, cet officier a coopéré aux divers travaux qu'elle exige ; il a pris notamment une part très active dans l'exécution des opérations les plus délicates de la haute géodésie, opérations dont les résultats ont servi à établir les solides fondements sur lesquels repose cette belle Carte de France. M. Testu, pour traiter ces matières spéciales, se présente donc avec toute l'autorité d'un homme essentiellement pratique, qualité qui est indispensable à qui veut s'imposer la tâche de composer un bon Manuel topographique ; cette garantie, à l'égard du mérite d'une telle œuvre, se trouve pleinement justifiée, à notre avis, dans le travail que cet officier présente à l'approbation de M. le général de division directeur.

L'ouvrage est divisé en deux grandes sections qui portent la dénomination de *livres*, division qu'établit la nature bien distincte des deux sortes d'opérations d'une grande carte.

Le livre I^{er} est consacré aux opérations trigonométriques.

Le livre II traite de tout ce qui concerne les travaux topographiques.

Ces deux livres, subdivisés chacun en quatre chapitres, sont précédés d'une Introduction, et suivis de notes explicatives qui sont réparties dans sept articles.

L'Introduction renferme des notions préliminaires, qui sont clairement développées, sur la construction des cartes, sur les divers modes de projection, particulièrement sur celui qui a été adopté pour la nouvelle Carte de France, avec un précis très succinct des opérations du 1^{er} et du 2^e ordre servant à la formation du canevas trigonométrique de cette carte.

Le livre I^{er} offre, dans les quatre chapitres dont il se compose :

- La résolution des triangles ;
- Les calculs relatifs à un enchaînement trigonométrique ;
- Les instruments en usage dans les opérations géodésiques ;
- Le nivellement géodésique.

Le livre II traite, dans les quatre chapitres qui le subdivisent, les matières suivantes :

- Instruments et levé des plans ;
- Nivellement topographique ;
- Figuré géométrique du terrain ;
- Dessin des cartes.

Dans ces deux livres, chacun des chapitres présente, toujours avec clarté, tous les développements nécessaires au sujet qu'il embrasse, sans omettre aucun des détails qui font l'essence d'un Manuel.

Les sept articles qui viennent après ces deux grandes sections de l'ouvrage sont consacrés à des notes explicatives sur

- La réduction des angles à l'horizon ;
- La résolution des triangles très peu courbes à la surface du sphéroïde terrestre ;
- La condition la plus avantageuse d'un triangle ;
- Le tracé et le calcul de la méridienne terrestre ;
- Le tracé des méridiens et des parallèles ;
- La projection des points ;
- Le nivellement barométrique.

Enfin, l'ouvrage est accompagné d'une dizaine de planches, qui sont empruntées aux modèles gravés par le Dépôt général de la guerre pour les travaux de la nouvelle Carte de France.

Tel est l'ensemble du travail recommandable de M. Testu, dont l'analyse que l'on vient de présenter, toute sommaire qu'elle soit, suffit néanmoins pour indiquer dans quel esprit il a été composé. L'examen que l'on en a fait a montré que l'auteur a parfaitement rempli une tâche qu'il s'est imposée dans le louable but d'être utile, et que son œuvre mérite, sous tous les rapports, de recevoir l'approbation de M. le général de division directeur. On émet donc le vœu que M. le capitaine Testu soit mis en position de livrer incessamment à la publication un ouvrage d'une utilité incontestable, qui honore à la fois l'auteur et le corps auquel cet officier appartient.

Le 1^{er} mars 1818.

Le colonel, chef de la 1^{re} section du Dépôt général de la guerre,

CORABOEUF.

AVANT-PROPOS.

Pendant le cours des opérations géodésiques du premier ordre à la Carte de France, un officier, sortant des écoles, était adjoint à un chef d'opération au moins pendant deux ans, et cette mesure procurait une école *pratique* pour les jeunes officiers destinés à continuer les opérations de géodésie du second ordre.

La *géodésie* du premier ordre étant *exécutée* sur toute la surface de la France, l'école *pratique* se trouve supprimée : alors j'ai pensé que je rendrais service à mes jeunes camarades en leur procurant un Manuel d'opérations basé sur la longue expérience et les simplifications des méthodes, dues à la spécialité de l'ancien corps des ingénieurs géographes.

Ce Manuel sera encore utile à tous les officiers de l'armée chargés d'exécuter des levés topographiques ; ils y trouveront les tables indispensables pour le calcul de leur cotes de niveau, etc. ; ces tables sont éparses dans divers ouvrages, quelques-unes sont inédites.

La théorie est démontrée dans les excellents ouvrages de M. Puissant et de M. Francœur. Je dois à ces célèbres professeurs les formules que j'emploie ; mais je les présente ici sous la forme de *manuel* avec les explications nécessaires pour les comprendre ; j'indique par des exemples la distribution des calculs dans les tableaux adoptés au Dépôt de la guerre, pour chaque genre d'opération et dans l'ordre successif des *matières*.

Ne traitant que ce qui est relatif aux opérations géodésiques du second ordre et aux détails topographiques, j'ai de beaucoup abrégé le travail, mais j'ai rejeté dans les Notes quelques cas de la haute géodésie, pour ceux qui pourraient en avoir besoin.

Comme les jeunes officiers qui sortent des écoles, possèdent la théorie qui les met à même de me suivre sans difficulté, je les prie de me passer quelques détails au-dessous

de leurs connaissances : mon but ayant été, en leur présentant ce **Manuel d'opérations**, de le mettre en même temps à la portée des personnes moins exercées au calcul.

De plus, dans mon Introduction, j'ai cru devoir exposer très succinctement l'histoire de la construction des cartes et la marche à suivre dans les hautes opérations géodésiques : mon intention étant de faire comprendre les difficultés qui se présentent dans la construction des grandes cartes et la nécessité d'appuyer les opérations de détail sur un enchaînement trigonométrique bien conditionné, afin de pouvoir par la suite les réunir en une grande carte.

INTRODUCTION.

1. *Utilité de la topographie dans l'art militaire.* — Les cartes et les plans sont d'une grande utilité dans l'art militaire. Ils servent de guide aux troupes, font naître d'heureuses idées sur le meilleur système d'attaque et de défense, et le sort d'un combat, d'une bataille, dépend souvent du choix d'un terrain plus ou moins favorable.

Il est donc essentiel que les jeunes militaires destinés à diriger les armées, soient familiarisés avec l'art de lire les cartes, et qu'ils aient même contracté l'habitude de figurer rapidement le terrain, afin de pouvoir utiliser, sous tous les rapports, les missions qui leur sont confiées, et d'être à même de transmettre à leurs supérieurs tous les renseignements *topographiques* qu'ils ont été en position de recueillir pendant leur marche en pays inconnu.

2. *Topographie générale.* — La *topographie générale* comprend deux sortes de descriptions : l'une consistant en descriptions écrites ou *mémoires descriptifs*, l'autre consistant en descriptions graphiques ou *topographie proprement dite*.

3. *Mémoires.* — Les *mémoires* font connaître la *constitution physique* du terrain, sa *statistique*, ses *communications*, son *histoire générale*, son *archéologie*, son *histoire militaire*, et comprennent enfin toutes les *considérations militaires*. (Voir Supplément, *Reconnaissances militaires*.)

4. *Topographie proprement dite.* — La *topographie proprement dite* a pour but de représenter sur le papier, c'est-à-dire sur un plan, la configuration d'un terrain qui, dans la nature, présente par ses ondulations une surface quelconque; elle se compose de deux opérations : la première, dite *planimétrie*, enseigne les moyens de projeter, sur une surface développable (c'est-à-dire capable de pouvoir se développer sur le papier, sans déchirure ni duplication), tous les points de la surface ondulée du terrain;

La seconde, qui se nomme *nivellement*, consiste à faire connaître le relief du terrain, c'est-à-dire l'élévation de chacun des points du sol au-dessus d'une surface de convention.

5. *Plans ou cartes de peu d'étendue.* — Lorsqu'on veut faire le plan d'une surface

b

de peu d'étendue, on abaisse, sur un plan horizontal, des perpendiculaires de tous les objets qu'on y voit, et les traces des pieds des verticales sur ce plan sont ce qu'on nomme les *projections horizontales* des objets, dont l'ensemble constitue leur *plan*; c'est à cet ensemble qu'on donne le nom de *planimétrie* du terrain. Ce système général, reproduit sur le papier par le dessin et dans de moindres dimensions, est le *levé du plan*. Sur ce dessin, toutes les parties conservent des relations naturelles d'étendue, de forme et de distances, à l'échelle choisie; et les figures dessinées y sont semblables à celles que forment les projections sur le plan, comme si l'ensemble des objets était vu à vol d'oiseau dans des dimensions moindres.

Si l'on mesure la distance de chaque objet au plan de projection, par sa verticale abaissée sur ce plan, on aura ce qu'on nomme le *nivellement du terrain*.

Telles sont les deux opérations que nous aurons à développer pour le levé des plans; mais, avant d'entrer en matière, jetons un coup d'œil sur les difficultés qui viendront se présenter lorsque nous voudrions réunir plusieurs plans pour en former une carte, et sur les précautions à prendre dans le levé des plans pour aplanir ces difficultés.

6. *Considérations générales sur les grandes cartes.* — Dans les cartes géographiques qui embrassent une grande étendue sur la surface courbe de la terre, on conçoit l'inconvénient qui se présente en adoptant un plan comme surface de projection; et si les globes de grande dimension étaient faciles à construire, à transporter, et qu'il fût possible de les consulter aisément, ils formeraient, sans doute, les meilleures représentations en miniature de la terre; mais la difficulté a fait renoncer à l'usage fréquent des globes, et a mis dans la nécessité de chercher à représenter sur une surface plane, la situation respective des divers lieux de la terre. Les opérations graphiques que l'on effectue dans ce but constituent la *méthode des projections*. (Voir *Traité de Puissant*, pag. 61 et 99, ou *Introduction de Lacroix à la Géographie de Pinkerton*.)

Ainsi, dans les représentations planes du globe terrestre, on est contraint d'altérer certains rapports de grandeur, plutôt que d'autres, selon le besoin, ou bien de représenter tous ces rapports par approximation. De là, naissent les divers modes de projection adoptés par les géographes.

7. *Divers modes de projection.* — On ne considère, à proprement parler, que deux sortes de projections : les unes, qu'on appelle *projections stéréographiques*, sont des représentations du globe ou des parties de sa surface, soumises aux lois ordinaires de la perspective; les autres, qu'on nomme *projections par développement*, sont en effet des espèces de développements assortis aux rapports que l'on veut conserver ou n'altérer que le moins possible.

8. *Projections stéréographiques.* — Pour représenter les sortes de projections stéréographiques, concevons, par exemple, des droites menées d'un point dans l'espace à tous les points de la surface de la terre, et coupons ce système de lignes par un plan mené d'une manière quelconque; tous les points d'intersection seront, sur ce plan, les projections des points correspondants de la surface du globe.

Lorsque le plan de projection passe par le centre de la sphère, et que le point de vue est à l'extrémité du rayon mené perpendiculairement à ce plan, ce rayon se nomme *l'axe optique*, et si l'on veut projeter un hémisphère en totalité ou en partie d'après cette loi, on peut supposer trois cas :

1° L'œil étant à l'un des pôles de la terre, la projection est dite *polaire* ou *équatoriale* ;

2° L'œil étant sur l'équateur, la projection est dite *projection sur le méridien* ;

3° L'œil étant entre le pôle et l'équateur, la projection est dite *projection horizontale*.

On peut encore supposer l'œil au centre de la terre, alors le plan de projection est tangent à la sphère, et les projections sont dites, dans ce cas, *projections centrales*, qui présentent aussi trois cas, suivant que le plan est tangent au pôle, sur l'équateur, ou entre les deux.

Enfin, lorsque le point de vue est supposé à une distance infinie du tableau, ou pour mieux dire, si toutes les lignes projetantes lui sont perpendiculaires, alors la projection est dite *orthographique*. Dans ce cas particulier de la projection stéréographique, les lignes projetantes, au lieu de concourir à un point déterminé, comme dans les projections précédentes, sont maintenant parallèles entre elles, et perpendiculaires au plan du tableau perspectif, ou, ce qui est de même, le point de vue et le tableau sont supposés à une distance infinie l'un de l'autre.

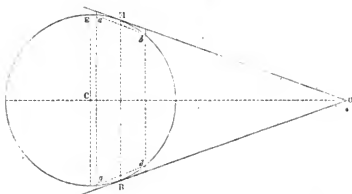
La projection stéréographique a surtout été employée pour représenter un hémisphère tout entier ; les deux hémisphères du globe terrestre réunis composent ce qu'on nomme *mappemonde*. Sur celle-ci, l'on n'indique que les projections des lieux les plus remarquables du globe, au moyen de leurs latitudes et de leurs longitudes, le contour des mers, le cours des fleuves, les principales rivières, les grands lacs, les plus grandes chaînes de montagnes.

Quant aux cartes qui représentent une moindre étendue de pays et plus d'objets, leur construction est le plus souvent assujettie aux méthodes de développement, ou au cas particulier de la projection orthographique.

9. *Projections par développement*. — Les projections par développement sont de deux espèces : on les nomme *développements coniques* ou *développements cylindriques*, suivant qu'on adopte le cône ou le cylindre pour surface de projection.

J'ai peu de choses à vous dire sur ces développements, qui ne sont plus guère en usage, et je ne vous parlerai sommairement des projections coniques, que parce qu'elles vous serviront à comprendre plus aisément ce que je dois vous exposer sur la projection la plus usitée, celle de *Flamsteed modifiée*, qui a été adoptée pour la *Carte de France*.

10. *Développements coniques*. — Si l'on veut, par exemple, représenter sur une surface plane la zone sphérique d'une très petite largeur comprise entre deux parallèles de la sphère dont les diamètres sont *ag* et *bd*,



la zone étant d'autant moins large, on pourra la considérer avec d'autant moins d'erreur, comme se confondant avec la surface d'un tronc de cône résultant du cône tangent à son parallèle moyen MR , ayant pour bases les intersections de ce cône par les plans des parallèles ag et bd .

On pourrait, comme second cas, rapporter la surface de la zone à celle d'un tronc de cône ayant pour côté la corde ab de l'arc de la zone.

Enfin, comme troisième cas, on pourrait rapporter la surface de la zone à celle d'un tronc de cône moyen entre les deux premiers, résultant d'un cône qui couperait la zone suivant deux parallèles, placés chacun à égale distance du parallèle moyen MR , et de chaque parallèle extrême respectif ag et bd .

1^{er} Cas. — Si nous adoptons le tronc de cône tangent au parallèle moyen MR de la zone, le côté du cône sera MO , ou la partie comprise entre M et l'arc CO de la cotangente de l'arc EM , qui mesure la distance du point M à l'équateur CE ; EM est ce qu'on nomme la latitude de ce parallèle. Ainsi, pour développer le cône, on décrira avec un rayon égal à MO , un arc indéfini sur lequel on prendra pour amplitude ou longueur celle donnée par le calcul pour la circonférence entière de ce parallèle; cette longueur, comme on le comprend, sera une fonction de la latitude EM de ce parallèle MR .

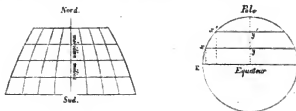
Celui-ci étant commun à la zone et au cône, ne sera pas altéré; mais on conçoit que les autres parallèles de la carte, tant supérieurs qu'inférieurs à ce parallèle moyen, étant projetés sur la surface conique, excéderont ceux du globe dont ils sont les expressions.

2^e Cas. — Si l'on prenait la corde ab pour le côté du cône tronqué à développer, ce tronc de cône deviendrait alors inscrit dans la zone, et, dans ce cas, les rayons des parallèles extrêmes se confondant avec ceux de la surface conique, la carte aurait une exactitude rigoureuse sur ces parallèles; mais ceux qui seraient intermédiaires seraient en défaut.

3^e Cas. — Si l'on prenait le cône moyen, il en résulterait que les dimensions des parallèles communs à la carte du globe ne seraient point altérées, et que les autres parties de la carte différeraient peu de celles de la région correspondante, parce que la dilatation des parties méridionales et septentrionales se trouverait à peu près compensée par le rétrécissement de la partie milieu.

Enfin Murdoc, géomètre anglais, a proposé de prendre un cône en partie inscrit, dont le tronc eût pour surface l'aire équivalente à celle de la zone sphérique qu'elle représente; d'autres ont encore imaginé de prendre pour côté du cône tronqué, au lieu de la corde de l'arc ab , la longueur même de cet arc développé en ligne droite, afin que les degrés en latitude sur la carte fussent égaux à ceux du méridien de la terre supposée sphérique.

10^{me} *Projection de Flamsteed.* — Dans la projection de Flamsteed, le méridien de la carte passant par son milieu, et les parallèles, sont développés en lignes droites.



Les parallèles, perpendiculaires au méridien dont il s'agit, sont donc équidistants, puisque, sur la surface de la sphère, les arcs de méridien, ayant même amplitude sont égaux.

Pour trouver la longueur à donner à ces parallèles développés en ligne droite, il suffira de remarquer que leurs degrés sont proportionnels aux rayons de leurs circonférences, et que ces rayons étant xy , $x'y'$, etc., qui sont les cosinus des latitudes $E x$, $E x'$, etc., de ces mêmes parallèles, décroîtront aussi proportionnellement aux cosinus des latitudes; mais cette sorte de projection, quoique n'altérant pas les distances mesurées dans le sens des parallèles, et jouissant de la propriété de représenter par des quadrilatères équivalents chaque quadrilatère correspondant, formé sur la surface du globe par deux méridiens et deux parallèles quelconques, a le défaut d'altérer considérablement la configuration des parties situées vers les limites de la carte, par l'obliquité qu'y prennent les méridiens à l'égard des parallèles; alors pour obvier le plus possible à cet inconvénient, on l'a modifiée de la manière suivante :

11. *Projection modifiée de Flamsteed.* — Dans la projection modifiée de Flamsteed on a pris le parti de figurer tous les parallèles par des cercles concentriques, et de faire dépendre leur courbure de celle du parallèle moyen. (Voir *Notes*, art. V.)

On voit en outre, par la même raison, que les angles des quadrilatères h_1, h, P, P_1 , formés par deux méridiens et deux parallèles, diffèrent de plus en plus de l'angle droit; mais ces défauts ne commencent à être bien sensibles que loin du centre du développement, et il y a cela de remarquable que les aires des quadrilatères sont rigoureusement proportionnelles à leurs projections. (Voir *Géodésie de Puissant*.)

12. Nous avons admis qu'il était possible de tracer les parallèles par un mouvement continu, c'est-à-dire, à l'aide d'un compas : ce qui suppose que le centre des courbes circulaires est situé sur la carte, ou du moins qu'il est à peu de distance, ou, ce qui revient au même, que la miniature que nous voulons exécuter des dimensions de la nature, est assez petite pour contenir tous les points de construction sur une feuille de papier; mais cela n'a presque jamais lieu, et l'impossibilité de tracer des arcs de cercle d'un très grand rayon, a fait prendre le parti de construire ces courbes par points, en les rapportant, pour plus de précision et de facilité, au méridien central de la carte et à la perpendiculaire tangente AY au parallèle moyen, pris tous deux pour axes des coordonnées et souvent même à deux axes parallèles à ceux-ci, transportés dans un point des parties éloignées du centre de la carte, pour rapporter plus facilement les détails à ces deux axes. (Voir *Notes*, art. VI.)

La question se réduit donc, dans ce cas, pour construire les méridiens et les parallèles d'une carte, à déterminer les sommets des angles des quadrilatères qu'ils forment par leurs intersections, par rapport à ces deux axes rectangulaires : suit ensuite à joindre tous ces points à l'aide d'une règle élastique pour avoir la courbure des méridiens et des parallèles.

Cette méthode est celle qui a été suivie pour la construction de la carte de France, exécutée au Dépôt général de la guerre, et qui est soumise à la projection modifiée de Flamsteed. (Voir *Notes*, art. V et VI.)

13. *Procédé suivi pour la Carte de France, au Dépôt de la guerre.* — On a développé en ligne droite le méridien de l'Observatoire de Paris, et tous les parallèles à l'équateur ont été développés suivant des cercles concentriques ayant leur centre commun sur cette ligne, à une distance du centre du 50^e grade de latitude, égale à la portion de la tangente du méridien comprise entre ce même point et le prolongement de l'axe de la terre.

14. *Nécessité d'un canevas trigonométrique pour coordonner les levés partiels, et les soumettre à la projection adoptée.* — Ce que nous venons d'exposer est relatif au tracé par points des méridiens et des parallèles de la carte, suivant le mode de projection adopté; mais, si l'on considère isolément chacun des points du pays qu'on se propose de représenter, on conçoit que le nombre d'opérations qu'il faudrait faire pour les placer de cette manière serait trop considérable : aussi, les géographes ont-ils soin, lorsqu'ils se proposent d'exécuter une carte d'une certaine étendue, de joindre tous les points remarquables du pays par une chaîne de triangles partant d'un côté connu nommé *base*; l'ensemble de ces triangles forme ce qu'on désigne par le nom de *canevas trigonométrique de la carte*; puis ils soumettent les sommets de ces triangles au système de projection adopté. Ces points trigonométriques rigoureusement projetés, étant

très rapprochés les uns des autres, les opérations de détail qui s'y rattachent deviendront resserrées dans des espaces moins considérables, et on sera alors dispensé d'avoir égard pour eux, aux réductions mentionnées pour le canevas général; ils seront seulement soumis à la projection *orthogonale* faite sur le plan tangent à la terre, par le centre du détail, dont ils diffèrent d'autant moins que l'espace levé est plus petit.

On évitera, par cette précaution, la disjonction des parties communes aux petits plans partiels levés isolément, qui sont une suite de cartes tracées sur des plans tangents différents, et qu'il est par conséquent impossible d'assembler exactement sur une même surface, puisque la somme des angles plans, dont se compose un polyèdre convexe, est toujours plus petite que quatre angles droits.

14. *Précis des opérations exécutées à la Carte de France pour la formation du canevas de premier ordre.* — Le canevas général se compose de triangles de premier ordre, formé par des côtés d'environ 25 à 30,000 mètres : on doit, autant que cela se peut, prendre les plus longs que les localités puissent offrir, en se servant de lunettes d'un grossissement qui permette de pointer avec précision; mais passé 30,000 mètres, ces côtés offrirait peu de secours à la triangulation du second ordre : c'est pourquoi nous citons cette limite.

Tous ces triangles liés entre eux forment un réseau continu dans tous les sens; et leur forme équilatérale, ou du moins, celle qui en approche le plus, est celle qui doit être préférée pour que les erreurs commises sur les angles aient le moins d'influence sur les côtés. (*Notes*, art. III.)

Le cercle répéteur de Borda, ayant vingt-huit centimètres (10 pouces) de diamètre, suffit pour donner la valeur des angles (art. 34).

Si les localités n'offrent pas d'objets stables, convenablement placés pour former une chaîne de triangles bien conditionnés, on fait planter des signaux qui, par leur forme en pyramide quadrangulaire, offrent un meilleur pointé que les tours, moulins, etc.

Il est rare qu'on puisse se placer exactement au point mathématique choisi pour sommet de l'angle; on s'en approche le plus possible, mais l'angle observé a toujours besoin d'une correction connue sous le nom de *réduction au centre* (art. 31).

Les angles verticaux, ou les distances zénithales, sont aussi influencés, faute d'avoir pu se placer au point de mire de la station; de là, la *réduction au sommet des signaux* (art. 60).

La lunette inférieure du cercle répéteur étant excentrique, il faut corriger les angles de l'*erreur d'excentricité*. (Voir *PUISSANT*.)

Lorsque l'objet est éclairé par le soleil et qu'on n'en voit qu'une phase, le milieu apparent, celui de la partie éclairée, ne répond pas à l'axe de l'objet : alors la correction dépend de la forme de l'objet et de la position du soleil : de là, la *correction des phases*. (Voir *PUISSANT*.)

Les triangles géodésiques sont situés dans l'espace; l'observation fait connaître leurs angles, et il s'agit de les projeter sur la surface adoptée, celle du niveau de la mer : de là, la correction intitulée *réduction des angles à l'horizon*. (*Notes*, art. I^{re}.)

On arrive à la réduction à l'horizon par la connaissance des distances apparentes

au zénith des deux objets sur lesquels on a pointé : ces distances ayant été préalablement réduites au sommet de la station, il ne reste plus qu'à corriger les angles des triangles de l'*excès sphérique* dépendant de la surface des triangles auxquels ils appartiennent. (*Notes*, art. II.)

La mesure des angles ne donne que le rapport de grandeur, ou la grandeur *relative* des côtés des triangles : pour avoir la grandeur *absolue* de ceux-ci, ou exprimée en mesure connue, il faut mesurer immédiatement l'un deux, et c'est ce qu'on nomme *mesure d'une base* ; cette base doit être par conséquent projetée sur la surface du niveau des mers, où tous les côtés des triangles sont aussi projetés (art. 30).

On connaît alors les distances de tous les points choisis pour sommets des triangles ; mais les seules opérations terrestres ne peuvent pas donner davantage. Il faut avoir recours aux observations astronomiques pour avoir les *latitudes* des sommets des triangles et l'orientation de leurs côtés.

On observera donc la latitude d'une des stations placées à peu près au centre de la région ; on y observera aussi un *azimut*, ou l'inclinaison d'un des côtés du réseau sur le méridien du lieu. Avec ces données, on pourra calculer les azimuts de tous les côtés des triangles, la *latitude* de tous les sommets et leur différence en *longitude*. (PUISSANT, *Théorie, application*, art 28.)

On peut encore, avec la latitude et un azimut, calculer les distances des sommets des triangles à la méridienne et à une ligne qui lui serait perpendiculaire au point de départ. (*Notes*, art. IV.)

De ces distances, on peut passer aux longitudes et latitudes, ou, de celles-ci, conclure les premières ; mais il est au moins aussi simple de conclure les longitudes et les latitudes sans l'intermédiaire des distances à la méridienne, et c'est ainsi que l'on procède à la Carte de France pour avoir les coordonnées des points de tous les ordres (art. 28').

Comme il est possible qu'il se glisse des erreurs, soit dans la mesure des angles, soit dans les calculs successifs des azimuts, des latitudes, des longitudes, on observe en d'autres endroits, et principalement aux extrémités de la chaîne, des azimuts et des latitudes de vérification qui doivent s'accorder, à fort peu près, avec les azimuts et les latitudes conclus. Ils devraient s'accorder exactement, si la figure de la terre et les inégalités de cette figure étaient bien connues. C'est aussi dans le même esprit qu'on mesure plusieurs bases de vérification, qu'on lie aux côtés des triangles. Si toutes ces mesures sont d'accord entre elles, on est assuré de leur exactitude.

Ces mêmes opérations peuvent servir à déterminer les longueurs d'arcs du méridien, et fournir conséquemment des données précieuses sur la figure et les dimensions de la terre. (PUISSANT, et *Notes*, art. IV.)

15. *Précis des opérations du second ordre.* — Les côtés du premier ordre servent de base aux triangles du second, pour lesquels on emploie le *théodolite*, instrument qui donne les angles réduits à l'horizon : ce qui dispense d'un calcul qui, répété souvent, deviendrait fatigant. Son diamètre est de vingt à vingt-cinq centimètres, ses cercles sont suffisants et portatifs (art. 49).

Il ne sera pas nécessaire, pour les triangles du second ordre, de soumettre les angles

à l'exactitude de quelques secondes, comme pour les triangles principaux ; une exactitude de 15 à 20 secondes centésimales est suffisante : les objets étant moins éloignés.

Les corrections à appliquer à ces angles sont aussi moins nombreuses : on omettra la correction des phases. On sera dispensé de celles relatives à l'excentricité de la lunette inférieure, qui, du reste, n'existe pas dans le théodolite, et de celle à l'horizon que cet instrument corrige lui-même par sa construction, et qui n'est nécessaire, avec le cercle répétiteur au second ordre, que dans le cas où les distances zénithales diffèrent beaucoup de 100°.

Il n'y aura donc, dans ce cas, qu'une seule correction à faire aux angles observés : celle de la *réduction au centre*, si l'on n'a pu placer l'instrument sur la verticalité du point de mire.

Avec les angles ainsi réduits, on procédera au calcul des côtés, après avoir fait leur somme et réparti l'erreur à 200° par tiers, sur les trois angles de chaque triangle, de façon que les nouveaux angles donnent juste 200° (art. 24, et *Notes*, art. II).

Au moyen des triangles et des données géographiques du premier ordre, on calcule immédiatement les latitudes, les longitudes et azimuts du second et les latitudes et longitudes du troisième, comme nous l'expliquerons (art. 28).

On pourrait, s'il était nécessaire, déterminer les distances des sommets des triangles secondaires, à la méridienne et à sa perpendiculaire. Voir le n° 7 du *Mémorial du Dépôt de la guerre*, ou le *Traité de Géodésie* de M. Puissant, et *Notes*, art. IV.

Au moyen de ces données, on pourra placer sur le papier tous les sommets des triangles, et y rapporter les minutes du figuré du terrain. Si l'on se sert à cet effet des latitudes et des longitudes, il faudra, avant tout, tracer sur la carte les méridiens et les parallèles ; si l'on se sert des distances à la méridienne et à la perpendiculaire, il faudra y tracer la méridienne et la perpendiculaire avec leurs parallèles ; opérations qui rentrent dans le domaine des constructeurs de grandes cartes. (Voir *PUISSANT*, et *Notes*, art. V et VI.)

FIN DE L'INTRODUCTION.

TOPOGRAPHIE

ET

GÉODÉSIE ÉLÉMENTAIRE.



LIVRE PREMIER.

TRIGONOMETRIE.

CHAPITRE PREMIER.

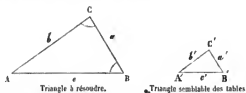
RÉSOLUTION DES TRIANGLES RECTILIGNES.

16. Les levés de détail devant s'appuyer sur une chaîne de triangles fondamentaux (14), nous allons, dans ce chapitre, nous occuper d'indiquer par quelles méthodes les géomètres sont parvenus à calculer ces triangles.

La géométrie donne les moyens graphiques qui conduisent à la construction des triangles rectilignes, lorsque, parmi les six choses qui composent un triangle, savoir : trois angles et trois côtés, il se trouve parmi elles au moins un côté ; mais ces constructions entraînant avec elles des inexactitudes dues à l'imperfection des instruments, c'est au calcul qu'il a fallu recourir pour obtenir les éléments cherchés avec précision, parce qu'on est toujours maître de les pousser jusqu'à tel degré de précision qu'on veut.

C'est alors que s'est présentée la difficulté de faire entrer dans le calcul la grandeur des angles qui, mesurés par des arcs de cercle, ne peuvent être comparés à des lignes droites ; mais on a reconnu que si, par un moyen quelconque, on pouvait former un tableau de triangles dont les angles eussent toutes les valeurs possibles, et qui, d'après l'ouverture de leurs angles, donnassent des rapports connus entre leurs côtés, en cherchant dans ce tableau un triangle semblable à celui qu'on veut résoudre, on parviendrait à déterminer ce dernier à l'aide des proportions.

S'il s'agissait, par exemple, de résoudre le triangle ABC, avec la connaissance du côté a en mètres, et des angles B et C en grades (*):



En cherchant dans les tables son semblable A', B', C' , construit dans des circonstances particulières, telles que les rapports $\frac{b'}{a'}, \frac{c'}{a'}$, fussent connus en vertu des angles, il n'y aurait plus, pour connaître les côtés b, c du triangle donné, qu'à faire les proportions de similitude des triangles ABC et $A'B'C'$, savoir :

$$a' : a :: b' : b \quad \text{d'où} \quad b = a \times \frac{b'}{a'}$$

$$a' : a :: c' : c \quad \text{d'où} \quad c = a \times \frac{c'}{a'}$$

et alors b et c seraient fournis en quantités connues.

Or les tables de logarithmes et la trigonométrie nous fournissent le triangle $A'B'C'$ construit dans ces circonstances particulières, telles que les rapports $\frac{b'}{a'}, \frac{c'}{a'}$, sont connus d'après la valeur des angles, et les exemples suivants nous feront mieux comprendre.

Résolution des triangles rectilignes rectangles.

Proposons-nous d'abord, comme cas plus simple, de résoudre un triangle ABC rectangle en A.



Les données nécessaires pour sa résolution seront prises parmi les angles ABC, et parmi les côtés a, b, c , et trois d'entre elles suffiront pourvu qu'il y en ait au moins un côté.

(*) Nous adoptons ici les mètres et les grades, mesures adoptées au Dépôt de la guerre, et, dans un triangle isolé, nous désignerons ses angles par les grandes lettres de leur sommet et ses côtés par les petites lettres correspondantes au sommet opposé.

Pour avoir le triangle des tables qui lui soit semblable, et auquel il faudra le comparer, du point B comme centre, décrivons une circonférence avec un rayon PB égal à l'unité de longueur, qui est celui qu'on a pris dans les tables. Elevons la perpendiculaire BA'' sur AB; la perpendiculaire CA'' sur CA; abaissons la perpendiculaire C'R sur BA'', la perpendiculaire C'A' sur AB; menons PT tangente au cercle et prolongée jusqu'à CB; QS tangente au cercle et prolongée aussi jusqu'à CB.

On sait qu'en trigonométrie on est convenu de donner à ces lignes les désignations suivantes :

$$C'A' = RB = \sin. B = \cos. C$$

$$A'B = C'R = \cos. B = \sin. C$$

$$PT = \tan. B = \cot. C$$

$$TB = \sec. B = \csc. C$$

$$SB = \sec. C = \csc. B$$

$$SQ = \tan. C = \cot. B$$

et lorsque B et C sont connus en grades, les tables de logarithmes donnent immédiatement les longueurs de $\sin. B$, $\cos. C$..., etc., en fonction de $PB = R = 1$.

Comparons maintenant notre triangle ABC avec son semblable des tables A'BC', ou l'homologue A''BC avec l'homologue des tables RBC', ces triangles semblables nous donneront les proportions suivantes :

$$\left. \begin{array}{l} C'B = 1 : C'A' = \sin. B = \cos. C :: a : b \\ PB = 1 : PT = \tan. B = \cot. C :: e : b \\ C'B = 1 : C'R = \sin. C = \cos. B :: a : CA'' = c \\ QB = 1 : SQ = \tan. C = \cot. B :: A'B = b : CA'' = c \\ QB = 1 : SB = \sec. B = \csc. C :: A'B = b : a \\ PB = 1 : TB = \sec. C = \csc. B :: e : a \end{array} \right\} \text{ d'où } \left. \begin{array}{l} b = a \sin. B = a \cos. C \\ b = c \tan. B = c \cot. C \\ c = a \sin. C = a \cos. B \\ c = b \tan. C = b \cot. B \\ a = b \csc. B = b \sec. C \\ a = c \csc. C = c \sec. B \end{array} \right\} M$$

On concevra, d'après cela, les formules placées en tête des tables de logarithmes pour la résolution des triangles rectilignes rectangles, dans tous les cas qui peuvent se présenter; ces formules sont les suivantes, qui sont la conséquence des formules M et de la propriété du carré construit sur l'hypoténuse :

$$b = a \sin. B = a \cos. C = c \tan. B = c \cot. C = \sqrt{a^2 - c^2} = \sqrt{(a+c)(a-c)}$$

$$c = a \sin. C = a \cos. B = b \tan. C = b \cot. B = \sqrt{a^2 - b^2} = \sqrt{(a+b)(a-b)}$$

$$a = b \csc. B = b \sec. C = c \csc. C = c \sec. B = \sqrt{b^2 + c^2} = b \sqrt{1 + \frac{c^2}{b^2}}$$

$$\sin. B = \frac{b}{a}; \csc. B = \frac{a}{b}; \tan. B = \frac{b}{c}; \cot. B = \frac{c}{b}; \cos. B = \frac{c}{a}; \sec. B = \frac{a}{c}$$

$$\sin. C = \frac{c}{a}; \csc. C = \frac{a}{c}; \tan. C = \frac{c}{b}; \cot. C = \frac{b}{c}; \sec. C = \frac{a}{b}; \csc. C = \frac{a}{b}$$

Exemple numérique.

L'usage des tables de logarithmes étant décrit en tête de chaque table, nous n'en parlerons pas ici, et nous nous contenterons de poser l'exemple numérique suivant :

Dans un triangle rectangle en A, on donne l'hypoténuse $a = 2450^{\text{m}}$, un des angles $B = 45^{\circ}, 25'$; on demande les deux autres côtés b et c .

Les formules donnent : $b = a \sin. B$, $c = a \cos. B$.

d'où l'on conclut : $\log. b = \log. a + \log. \sin. B$, et $\log. c = \log. a + \log. \cos. B$.

il n'y a plus qu'à chercher dans les tables, pour $\log. a$, $\log. \sin. B$ et $\log. \cos. B$, leurs valeurs, et le calcul se dispose ainsi :

$\log. a$	$= 3,3891661$	$\log. a$	$= 3,3891661$
$\log. \sin. B$	$= 9,8145334$	$\log. \cos. B$	$= 9,8795831$
$\log. b$	$= 3,2036995$	$\log. c$	$= 3,2687492$

Au moyen des tables, on passe des logarithmes aux nombres correspondants, et on trouve :

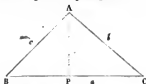
$$b = 1598^{\text{m}}, 51$$

$$c = 1856^{\text{m}}, 32$$

Résolution des triangles rectilignes obliques.

17. La résolution des triangles rectilignes obliques devient très simple, d'après ce que nous venons de dire, sur les triangles rectangles; car il sera toujours possible de décomposer un triangle oblique en deux autres triangles rectangles, en abaissant de l'un de ses sommets une perpendiculaire sur le côté opposé, alors on n'aura plus, comme dans le cas précédent, qu'à comparer ces deux triangles rectangles avec leurs semblables fournis par les tables.

Par exemple, soit donné le triangle oblique A B C.



Abaissant du sommet A la perpendiculaire A P sur BC, ce triangle est décomposé en deux autres triangles rectangles qui, par leur comparaison avec ceux des tables, donnent comme précédemment les relations suivantes :

$$A P = b \sin. C, \quad A P = c \sin. B \quad \text{d'où on conclut la proportion :}$$

$$(1) b : c :: \sin. B : \sin. C, \quad \text{qui signifie que :}$$

Dans un triangle rectiligne quelconque, les côtés sont proportionnels aux sinus des angles opposés à ces côtés.

Si la perpendiculaire A P tombe sur le prolongement de la base BC, comme dans le cas suivant :



les deux triangles rectangles à comparer sont APC et APB, et ces triangles donnent les relations

$$AP = b \sin. C$$

$$AP = c \sin. A BP,$$

mais le sinus de ABP est le même que celui de ABC, puisque l'un est supplément de l'autre, donc la proportion fondamentale (1) existe encore dans ce cas.

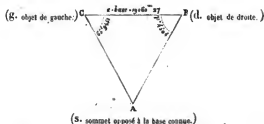
Cette proportion suffira donc pour résoudre un triangle quelconque, dont on connaîtra un côté et les trois angles, ou deux seulement, puisque le troisième se conclut de la somme des deux autres retranchée de deux droits.

Nous allons examiner les différents cas qui peuvent se présenter dans la résolution de ces sortes de triangles, et poser des exemples numériques pour chaque cas.

I^{er} Cas. — Un côté et trois angles (ou deux angles, en concluant le troisième).

18. Exemple numérique sur trois angles aigus.

Soit proposé de résoudre un triangle ABC dans lequel on donne $a = 19060^m,27$
 $C = 65^{\circ},94'51''$, $B = 71^{\circ},45'04''$.



Ici, le troisième angle A du triangle n'a pas été observé, alors on le conclut de la manière suivante :

$$\begin{array}{r} 65,9451 \\ 71,4504 \\ A = 62,6045 \\ \hline 200^{\circ},0000 \end{array}$$

On aura le côté b par la proportion, $\sin. A : \sin. B :: a : b$ d'où $b = a \frac{\sin. B}{\sin. A}$

par les logarithmes $\log. b = \log. a + \log. \sin. B - \log. \sin. A$

pour n'avoir que des additions à faire, on substitue à, $-\log. \sin. A$, son complément, alors on a $\log. b = \log. a + \log. \sin. B + \text{compl. log. sin. A}$

Le côté c s'obtiendra de même par la formule $c = a \frac{\sin. C}{\sin. A}$,

et, pour faciliter le calcul et établir un ordre immuable dans la manière de disposer

les calculs, on a adopté, au Dépôt de la guerre, des tableaux dans le format suivant, où l'on peut suivre les opérations à l'aide des formules ci-dessus.

CALCUL DES TRIANGLES DU 3^e ORDRE.

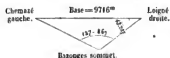
NOMS ET NUMÉROS des sommets.	ANGLES REDUITS.	CALCUL DES CÔTÉS.	COTÉS en MÈTRES.	RENTON à la Base.	NOMS ET NUMÉROS des sommets.	ANGLES REDUITS.	CALCUL DES CÔTÉS.	COTÉS en MÈTRES.	RENTON à la Base.
S) []	G	$l.d.g.$			S) A Signal de	.62,6045	$l.d.g.$ 4,2804282	19060,27	Base.
[...]		$e.l.sin.s$			[...]		$e.l.sin.s$ 0,0796782		
		$l.sin.d$					$l.sin.d$ 9,9547846		
D) []		$l.s.g$			D) B. Clocher de	.71,4584	$l.s.g$ 4,3145880	20634,22	
[...]		$l.d.g.+i$			[...]		$l.d.g.+i$ 4,3598064		
		$e.l.sin.s$					$e.l.sin.s$		
		$l.sin.g$					$l.sin.g$ 9,9346513		
G) []		$l.s.d$			G) C. Mouton de	.65,9454	$l.s.d$ 4,2944577	49699,64	
[...]									
	200,0000					200,0000			

Nous avons donné cet exemple avec sept chiffres décimaux, pour faire suivre tous les détails de l'opération, mais les cases du 3^e ordre ne sont disposées, comme on le voit, que pour cinq décimales, parce qu'on se contente de cette approximation.

Alors on opère comme dans l'exemple suivant :

19. Exemple numérique sur deux angles aigus, et le troisième obtus avec le côté opposé à l'angle obtus. (Tiré de ma feuille de Château-Gontier.)

S) []	G	$l.d.g.$ 3,58747	9716	Base.
[...]		$e.l.sin.s$ 0,04304		
		$l.sin.d$ 9,79848		
D) []	.43,287	$l.s.g$ 3,82890	6745	
[...]		$l.d.g.+i$ 4,03043		
		$l.sin.g$ 9,67121		
G) []	.28,814	$l.s.d$ 3,67169	4696	
[...]	200,000			



Dans cet exemple, on n'a introduit que les dizaines de secondes pour les angles, et on n'a tenu compte que des unités de mètres pour les côtés.

On voit aussi que, pour l'angle obtus $127^{\circ},869$, au lieu de chercher le sinus dans les tables, on a pris le cosinus $27^{\circ},869$, et par suite, son complément $0,04301$.

II^e Cas. — Deux côtés et l'angle compris.

19. Les deux exemples ci-dessus sont ceux qui se présentent presque toujours dans la résolution des triangles, il arrive cependant qu'on a, comme cas particulier, besoin de résoudre un triangle dans lequel on ne connaît qu'un angle, et les deux côtés qui le comprennent.

Soit donné le triangle ABC, dans lequel on connaît :

$$\begin{aligned} A &= 44^{\circ}, 1554 \\ \text{Le plus grand côté } b &= 26639^{\circ}, 00 \\ \text{Le plus petit côté } c &= 22652^{\circ}, 81 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} a &: \sin 44^{\circ}, 1554 = b : \sin 47,9223 \\ a &= \frac{b \cdot \sin 44,1554}{\sin 47,9223} \end{aligned}$$

Ce triangle fournit la relation suivante (17) :

$$b : c :: \sin. B : \sin. C,$$

d'où $b + c : b - c :: \sin. B + \sin. C : \sin. B - \sin. C.$

Mais en trigonométrie, on a $\sin. B + \sin. C = \text{tang. } \frac{1}{2}(B+C)$ et $\sin. B - \sin. C = \text{tang. } \frac{1}{2}(B-C)$,
partant, on aura la proportion :

$$b + c : b - c :: \text{tang. } \frac{1}{2}(B+C) : \text{tang. } \frac{1}{2}(B-C),$$

d'où $\text{tang. } \frac{1}{2}(B-C) = \frac{b-c}{b+c} \text{ tang. } \frac{1}{2}(B+C);$

mais $\frac{1}{2}(B+C) = 100^{\circ} - \frac{1}{2}A$, ainsi on aura $\text{tang. } \frac{1}{2}(B+C) = \cot. \frac{1}{2}A$, donc :

$$\text{tang. } \frac{1}{2}(B-C) = \frac{b-c}{b+c} \cot. \frac{1}{2}A, (M)$$

Cette formule fournit $B-C$ en quantités connues, et, comme on connaît $B+C$, on en conclura B et C , les calculs se disposent de la manière suivante :

Exemple numérique.

$$\begin{aligned} A &= 44^{\circ}, 1554 \\ (B+C) &= 155^{\circ}, 8446 \\ \hline &200^{\circ}, 0000 \end{aligned}$$

Le plus grand côté $b = 26639,00$

Le plus petit côté $c = 22652,81$

$$b + c = 49291,81$$

$$b - c = 3886,19$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}A &= 22^{\circ}, 0777 \\ \frac{1}{2}(B+C) &= 77^{\circ}, 9223 \end{aligned}$$

Calcul de la formule (M).

$$\log. (b-c) = 3,6065580$$

$$\log. \cot. \frac{1}{2}A = 0,1420102$$

$$\text{compl. log. } (b+c) = 5,3072252$$

$$\log. \text{tang. } \frac{1}{2}(B-C) = 9,3497931$$

$$\frac{1}{2}(B-C) = 14^{\circ}, 0114$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}(B+C) &= 77^{\circ}, 9223 \\ \frac{1}{2}(B-C) &= 14^{\circ}, 0114 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{2}(B+C) + \frac{1}{2}(B-C) = B = 91^{\circ}, 9337$$

$$\frac{1}{2}(B+C) - \frac{1}{2}(B-C) = C = 63^{\circ}, 9109$$

Ces angles calculés doivent satisfaire à la vérification suivante :

$$\begin{array}{r} A = 44^{\circ},1554 \\ B = 91^{\circ},9337 \\ C = 63^{\circ},9109 \\ \hline 200,0000 \end{array}$$

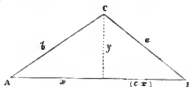
On pourra, avec ces trois angles et un des côtés connus pris pour base, calculer le triangle connu dans le cas précédent, et, si l'on a bien opéré, on devra retrouver l'autre côté connu. Ici on prend le côté b pour base, et on retrouve le côté $c = 22653^{\circ}$.

s)	B.	.94,934	$I. d g$	4,42503	22639	Côté pris pour base.
			$c. I. \sin. s$	0,00349		
			$I. \sin. d$	9,92612		
	[. . . .]					
d)	C.	.63,944	$I. s g$	4,33543	22653	Côté vérifié.
			$I. d g +$ $c. I. \sin. s$	4,42904		
			$I. \sin. g$	9,80570		
			$I. s d$	4,23471	47468	Troisième côté.
		200,000				

III^e Cas. — Connaissant les trois côtés.

20. Dans la formation d'une chaîne de triangles, on exige que les trois angles ou au moins deux soient observés, de sorte que le cas précédent, celui que je vais traiter ici et le suivant, ne seront pour vous que des cas exceptionnels, que nous ne traitons ici que pour plus de généralité.

On suppose que, dans le triangle ABC, les trois côtés a, b, c sont connus, et l'on veut calculer ses angles.



Abaissons d'un des sommets C, la perpendiculaire y , sur le côté opposé c , et représentons par x , l'un des segments de c , l'autre sera $(c-x)$, on aura :

$$y^2 = b^2 - x^2 \qquad y^2 = a^2 - (c-x)^2$$

en égalant ces deux valeurs de y^2 , et mettant le terme $2cx$ dans un membre, on aura :

$$2cx = b^2 + c^2 - a^2 \quad (1)$$

en comparant le triangle rectangle dont A est un sommet, avec son semblable des tables, on a trouvé (16) :

$$x = b \cos. A.$$

Portant cette valeur de x dans l'équation (1), on aura :

$$2bc \cos. A = b^2 + c^2 - a^2 \quad (2).$$

En trigonométrie, on sait que $\cos. A = 1 - 2 \sin.^2 \frac{1}{2} A$, le rayon étant 1, donc :

$$2bc - 4bc \sin.^2 \frac{1}{2} A = b^2 + c^2 - a^2,$$

et par suite : $4bc \sin.^2 \frac{1}{2} A = a^2 - b^2 - c^2 + 2bc = a^2 - (b-c)^2 = (a+b-c)(a+c-b)$,

et

$$bc \sin.^2 \frac{1}{2} A = \left(\frac{a+b-c}{2} \right) \left(\frac{a+c-b}{2} \right) \quad (3),$$

mais $\frac{a+b-c}{2} = \frac{a+b+c}{2} - c$ et $\frac{a+c-b}{2} = \frac{a+b+c}{2} - b$, de plus, on peut représenter la somme des trois côtés $a+b+c$ par $2s$; alors, d'après cette convention, l'équation (3) deviendra la suivante :

$$bc \sin.^2 \frac{1}{2} A = (s-c)(s-b),$$

d'où

$$\sin.^2 \frac{1}{2} A = \frac{(s-c)(s-b)}{bc},$$

et

$$\sin. \frac{1}{2} A = \sqrt{\frac{(s-c)(s-b)}{bc}}.$$

On peut exprimer, d'une manière analogue, le cosinus et la tangente $\frac{1}{2} A$; en effet, puisque $1 + \cos. A = 2 \cos.^2 \frac{1}{2} A$, on aura, en mettant ici pour $\cos. A$, en fonction des trois côtés, tiré de l'équation (2) :

$$1 + \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc} = 2 \cos.^2 \frac{1}{2} A,$$

d'où

$$\cos.^2 \frac{1}{2} A = \frac{(b+c)^2 - a^2}{4bc},$$

puis procédant comme ci-dessus, il viendra :

$$\cos. \frac{1}{2} A = \sqrt{\frac{(a+b+c)(b+c-a)}{4bc}} = \sqrt{\frac{s(s-a)}{bc}},$$

et, à cause de $\frac{\sin. \frac{1}{2} A}{\cos. \frac{1}{2} A} = \tan. \frac{1}{2} A$, il s'ensuit que l'on aura :

$$\tan. \frac{1}{2} A = \sqrt{\frac{(s-b)(s-c)}{s(s-a)}}.$$

IV. Cas. — Deux côtés et un angle opposé.

21. Lorsque dans un triangle ABC on donne l'angle A et un côté opposé a avec l'autre côté adjacent b, on commence par chercher les deux angles B et C avec les formules :

$$\sin. B = \frac{b \sin. A}{a}, \quad C = 200^\circ - (A+B).$$

Si A est aigu et que l'on ait $b > a$, il y aura deux solutions pour la valeur de l'angle B,

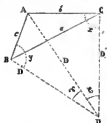
car si x représente l'arc de cet angle, le sinus de x et $200^\circ - x$ satisferont à la question ; mais si A est obtus, B sera aigu, alors il n'y aura qu'une solution.

Si A est aigu et que l'on ait $b < A$, il n'y aura non plus qu'une solution.

Une fois les angles trouvés, on cherchera le troisième côté comme dans (18).

V^e Cas. — Détermination d'un point par trois autres connus de position.

22. Proposons-nous encore comme cas exceptionnel, de déterminer un point duquel on en aperçoit trois autres liés entre eux par un triangle connu :



Le triangle ABC est supposé connu, c'est-à-dire qu'on a la valeur des angles A, B, C , et celle des trois côtés a, b, c .

Nous supposons qu'on a pu observer les angles $ADB = \gamma$ et $ADC = \epsilon$, d'un point D dont on veut déterminer la position au moyen des trois premiers A, B, C , c'est-à-dire calculer les distances D, D', D'' à ces trois points.

Si l'on parvenait à trouver d'après ces données les angles $ACD = x$ et $ABD = y$, le problème serait résolu ; car dans les deux triangles ACB et ABD , on aurait un côté b connu pour le premier, c pour le second et deux de leurs angles, x et ϵ pour le premier, y et γ pour le second.

Or, on a : $x + y = 400^\circ - (A + \epsilon + \gamma)$, ou $\frac{x+y}{2} = \frac{400 - (A + \epsilon + \gamma)}{2}$, et il ne restera plus qu'à trouver $\frac{x-y}{2}$, pour en conclure x et y .

Le théorème de l'art. (17) nous donne :

$$D = \frac{b \sin x}{\sin \epsilon}, \quad D = \frac{c \sin y}{\sin \gamma},$$

d'où

$$\frac{\sin x}{\sin y} = \frac{c \sin \epsilon}{b \sin \gamma},$$

et par suite

$$\frac{\sin x + \sin y}{\sin x - \sin y} = \frac{c \sin \epsilon + b \sin \gamma}{c \sin \epsilon - b \sin \gamma} = \frac{1 + \frac{b \sin \gamma}{c \sin \epsilon}}{1 - \frac{b \sin \gamma}{c \sin \epsilon}},$$

ou bien

$$\frac{\tan \frac{1}{2}(x+y)}{\tan \frac{1}{2}(x-y)} = \frac{1 + \frac{b \sin \gamma}{c \sin \epsilon}}{1 - \frac{b \sin \gamma}{c \sin \epsilon}},$$

faisant

$$\frac{b \sin. \gamma}{c \sin. \phi} = \tan g. \phi,$$

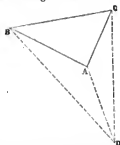
ou aura :

$$\frac{\tan g. \frac{1}{2}(x+y)}{\tan g. \frac{1}{2}(x-y)} = \frac{1 + \tan g. \phi}{1 - \tan g. \phi} = \tan g. (\phi + 50^\circ),$$

d'où

$$\tan g. \frac{1}{2}(x-y) = \tan g. \frac{1}{2}(x+y) \cot. (\phi + 50^\circ).$$

L'angle A doit être considéré dans l'application de la formule, comme appartenant au quadrilatère ABCD et non au triangle ABC :



de sorte que si les points A et D se trouvent situés d'un même côté de la base BC, comme dans la figure ci-dessus, ce n'est pas l'angle A du triangle connu ABC, mais bien son supplément à 400° qu'il faut employer dans le calcul.

Exemple numérique (tiré de ma feuille de Quimper, carte de France).

CALCUL D'UN POINT PAR TROIS AUTRES.

POINTS OBSERVÉS.		DONNÉES DE DÉPART.
C. — Picard, clocher.		(1) A = 83° 8' 24.3
A. — Meset-hom., val.		Log. b = 4,2088436
B. — Crozon, clocher.		6 = 36,8236
		γ = 52,3695
POINT DE STATION À DÉTERMINER.	FORMULES.	
D. — Bouze, clocher.	$x+y = 400^\circ - (A + \phi + \gamma).$	$\tan g. \phi = \frac{b \sin. \gamma}{c \sin. \phi}.$
(4) A doit être considéré dans l'application de la formule comme appartenant au quadrilatère ABCD, et non au triangle ABC, de sorte que si les points A et D se trouvent d'un même côté de la base BC; au lieu de l'angle A du triangle connu, il faudra prendre son supplément à 400°.	$A = 83,8243$ $6 = 36,8236$ $\gamma = 52,3695$ $173,0171$ $x+y = 226,9826$ $\frac{x+y}{2} = 113,4913$	$\log. b = 4,2088436$ $\log. \sin. \gamma = 9,8650615$ $c \log. c = 5,7177086$ $c \log. \sin. \phi = 0,2622513$ $\log. \tan g. \phi = 0,05335659$ $\phi = 53,9378$ $50 + \phi = 103,9378$ $\frac{x+y}{2} = 113,4912$ $\frac{x-y}{2} = 17,8120$ $x = \frac{x+y}{2} + \frac{x-y}{2} = 131,3033$ $y = \frac{x+y}{2} - \frac{x-y}{2} = 95,6793$
		$\tan g. \frac{x-y}{2} = \tan g. \frac{x+y}{2} \cot. (50 + \phi).$ $\log. \tan g. \frac{x+y}{2} = -0,6672204$ $\log. \cot. (50 + \phi) = -8,7919279$ $\log. \tan g. \frac{x-y}{2} = +9,4591483$ $\frac{x-y}{2} = +17,8420$

25. Dans les opérations de ce genre, on voit que le calcul de l'excès sphérique a été négligé, parce qu'on le comprend avec les erreurs d'observation; mais en haute géodésie, lorsqu'il s'agit d'obtenir l'inclinaison des côtés sur un méridien (c'est-à-dire leur *azimuth*), puis les *latitudes* et *longitudes* des stations, enfin la *longueur d'un arc de méridien terrestre*, on ne peut plus se dispenser de connaître et de faire séparément la part des erreurs, il faut alors le calculer. (Voir les notes art. II.)

Précautions à prendre dans la formation des triangles.

26. Connaissant les méthodes employées pour calculer un triangle en partant d'une base connue, on conçoit facilement comment en cheminant de proche en proche, on arrive à la connaissance de tous les côtés d'une chaîne de triangles liés entre eux, et rattachés au côté connu mesuré avec soin.

Mais en cheminant, les erreurs peuvent s'accumuler, et, lorsqu'il s'agit de la triangulation d'une grande carte, il y a des précautions à prendre pour les atténuer autant que possible.

On forme d'abord une chaîne de triangles réunissant toutes les conditions les plus avantageuses; ces triangles devront être les plus grands possible (art. 14), avoir leurs angles à peu près égaux, c'est-à-dire approcher le plus possible de la forme équilatérale (note 3); leurs trois angles devront être mesurés avec soin, et la base qui est à les calculer obtenue par des opérations minutieuses. En rattachant la chaîne à d'autres bases, on aura, partant, autant de vérifications, et l'ensemble de cette chaîne sera de premier ordre.

Dans les opérations de la carte de France, on a commencé par former un canevas du premier ordre, en suivant les méridiens et les parallèles.

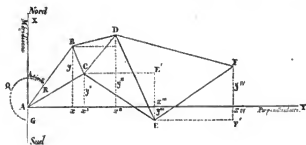
Ce canevas établi, on l'a divisé en canevas partiels en remplissant les quadrilatères de triangles de premier ordre, puis ensuite de triangles de second et de troisième ordre.

Dans les triangles secondaires, les trois angles ont été observés autant que possible, et les sommets tertiaires ont été déterminés par recoupement.

Coordonnées géographiques.

27. Par le calcul des triangles, on connaît les distances de tous les points choisis pour sommets des triangles. La géodésie de premier ordre est alors obligée d'avoir recours aux observations astronomiques pour avoir les *latitudes* des sommets et l'orientation de leurs côtés ou l'*azimuth*.

Elle observe donc la latitude d'une des stations placée à peu près au centre de la région, ainsi qu'un azimuth, et, en partant de là, elle calcule les azimuths de tous les côtés des triangles, la latitude de tous les sommets et leur différence en longitude, en s'y prenant de la manière suivante :



Soit, ABC, BCD, DEF, etc., une chaîne de triangles calculés : on peut déterminer les coordonnées de leurs sommets rapportées à la méridienne et à la perpendiculaire passant par l'un d'eux, A, par exemple.

Au point A, avec un instrument dont la lunette se meut dans un plan vertical, on pointe le pôle élevé donné par la position des étoiles. Le plan vertical de la lunette étant ainsi bien orienté, on se sert de la lunette pour faire placer au loin, dans la direction même de ce plan, un signal, puis on mesure en A l'angle que fait A B avec ce signal ; alors la direction du méridien AX du point A se trouve orientée sur la carte par rapport au côté AB, l'angle BAX est ce qu'on nomme l'azimut de AB. On élève la perpendiculaire AY sur AX, par suite l'angle BAY sera connu. (Les azimuts se comptent toujours à gauche, en partant du sud, alors l'arc GQR sera l'azimut.)

Supposant alors par tous les sommets de la chaîne, des lignes parallèles à ces deux axes principaux AY et AX, on formera ainsi une suite de triangles rectangles qui auront un côté connu, ainsi que leurs angles obtenus par la combinaison de l'azimut de départ et de ceux des triangles de la chaîne. On les calculera, et, par des combinaisons convenables d'additions et de soustractions, on connaîtra les coordonnées de chaque sommet par rapport aux axes principaux AY et AX, en ayant soin de donner à ces coordonnées le signe qui leur convient suivant leur position par rapport aux axes.

Voir dans les *Notes* le tracé exacte de la méridienne et de la perpendiculaire, et le calcul des distances à ces deux axes (art. IV).

Cette méthode de rapporter les points à la méridienne et à la perpendiculaire d'un point principal dont on connaît la latitude et la longitude, était commode dans la pratique ; mais, malgré sa simplicité dans les calculs, il ne fallait pas moins déterminer les positions géographiques du premier ordre, et passer de ces éléments aux coordonnées rectilignes rectangles correspondantes : ainsi deux procédés de calcul distincts étaient indispensables ; et comme un seul suffit, lorsque les méridiens et les parallèles sont tracés sur les minutes, on a dressé des tables qui donnent la facilité de déterminer par un calcul double, et, par conséquent, avec vérification, la latitude et la longitude d'un point, ainsi que les azimuts des côtés, lorsque ce point est lié par un triangle à deux autres points dont on connaît déjà ces mêmes coordonnées. Comme ce

procédé est celui que vous aurez à suivre, nous donnerons l'exemple ci-joint (tiré de ma feuille de Quimper, Carte de France),

Exemple : calcul des latitudes, longitudes, azimut.

28. On a calculé le triangle suivant :

		Réduits.		Corrigés.				
		g "	g "	g "	g "			
s)	Ploaré.	.. 65,0039		65,0038	9,9307820	L.d.g.	4,2822914	19155,40
	Clocher.					c.L.sin.s	0,0692180	
						L.sin.d	9,9858274	
d)	Menez-Homme.	.. 83,8246		83,8213		L.d.g.	4,3373368	21743,86
	Signal.					L.d.g. + c.L.sin.s	4,3515094	
						L.sin.g	9,8573342	
g)	Crozon.	.. 51,1719		51,1719		L.s.d	4,2088436	16174,08
	Clocher.							
		200,0000	200,00	200,0000 0				
[...]		 = Excès sphérique						
		+4.. = Erreur						

Le premier ordre a donné pour les coordonnées de la base de départ :

	Lat. L.	Long. M	Azim. Z.
Menez-homme	53°, 5782", 57	+ 7°, 3034", 28	110, 0499"
Crozon	53, 6080, 39	+ 7, 5865, 19	309, 8387

Au moyen de ces coordonnées, on veut calculer celles de Ploaré avec vérification, alors on dispose le calcul comme dans le tableau suivant, dans lequel les facteurs $L.P.$, $L.Q.$, $L.R.$, ont été obtenus au moyen de la table ci-jointe.

Il faut encore remarquer que les angles corrigés de l'excès sphérique sont ceux qu'il faudrait employer, et que ne tenant pas compte de l'excès sphérique (à part), dans vos calculs, vous emploieriez tout simplement les angles corrigés.

Les tables ont pour argument Lat. $L.$, et on s'en sert pour mettre devant les facteurs $L.P.$, $L.Q.$, $L.R.$, leurs valeurs en fonction de cet argument. On procède ensuite de la manière suivante :

CALCUL DES LATITUDES, LONGITUDES ET AZIMUTS.

1^{er} CALCUL.

2^e CALCUL.

N ^{os} des POINTS.	NOMS DES POINTS.	LATITUDES.		LONGITUDES.	AZIMUTS.
		$L' = L - P \cos Z - Q \sin^2 Z$		$M' = M + \frac{R \cos Z}{\cos L'}$	$Z = 90^\circ + Z - dM \sin \left(\frac{L+L'}{2} \right)$
d	Monsi-Houano.	Lat. L 53,5782,57	(N ^o)	Long. M +7,3034,28	Azim. Z 26,2256
		$P \arg. L$ 8,9995475	Q 4,93223	R 8,9981821	$z = 440,0390$
		$I \cos ()$ 4,2088436	$2 I \cos$ 8,41763	$I \sin$ 4,2088436	$z = 83,8213$
		$I \cos Z$ 9,9620603	$2 I \cos Z$ 9,56480	$I \sin Z$ 9,604916	$I \sin \frac{L+L'}{2}$ 9,872260
		1^{re} terme 3,1706274	2^{e} terme 9,56480	$I \cos L$ 0,1752578	$I d M$ 2,9850405
		1^{re} terme = 4481,25		$I d M$ 2,9850405	$I d Z$ 2,8571665
		2^{e} terme = 0,37		$d M$ 966,41	$d Z$ 750
		$d L$ = 4481,62	$L+L' = 7,0083,52$	M +7,3034,28	$300 + Z$ 26,2256
		$I \cos$ 53,5782,57	$L+L' = 53,5014,76$	Long. M' +7,4000,39	Azim. Z' 226,4536
s	Ploaré.	Lat. L 53,4300,95	(N ^o)	Long. M +7,5865,49	Azim. Z 301,0106
		$P \arg. L$ 8,9974566	Q 4,94853	R 8,9981814	$z = 309,8387$
		$I \cos ()$ 4,374368	$2 I \cos$ 8,61667	$I \sin$ 4,337368	$z = 54,1719$
		$I \cos Z$ 9,9128836	$2 I \cos Z$ 9,54915	$I \sin Z$ 9,7959689	$I \sin \frac{L+L'}{2}$ 9,872260
		1^{re} terme 3,250469	2^{e} terme 0,43645	$I \cos L$ 0,1752578	$I d M$ 3,2706203
		1^{re} terme = 4778,06		$d M$ 1864,75	$d Z$ 1389
		2^{e} terme = 4,37		M +7,5865,49	$300 + Z$ 301,0106
		$d L$ = 4779,43	$L+L' = 7,0381,35$	Long. M' +7,4000,34	Azim. Z' 161,4495
		$I \cos$ 53,6080,30	$L+L' = 53,5490,67$		
s	Ploaré.	Lat. L 53,4300,96	(N ^o)	Long. M +7,5865,49	Azim. Z 301,0106

Ordre à suivre dans ce genre de calcul. — Après avoir pris dans les tables I, P, I, Q, I, R :

1^o Dans les cases initiales sous des points, on inscrit à la ligne supérieure les points d et g de la base de départ, et au-dessous, en plus grosses lettres, le point cherché z .

2^o Dans les cases intitulées latitudes, longitudes, azimuts, on inscrit les données respectives de départ vis-à-vis Lat. L , Long. M , et z .

3^o Dans la case azimut, 1^{er} calcul, on inscrit l'angle correspondant à l'objet de droite du triangle donné, ou 83,8213 avec le signe —, au-dessous de z ; puis, même case azimut, 2^e calcul, on inscrit l'angle correspondant à l'objet de gauche du triangle donné, ou 51,1719, avec le signe +, au-dessous de z .

4^o Dans les cases latitudes et longitudes, 1^{er} calcul, on inscrit vis-à-vis de L, K , le logarithme du côté vis-à-vis l'objet de gauche qui est ici 4,2088436, en forme de suite 21. K au-dessous de I, Q .

5^o Dans les cases latitudes et longitudes, 2^e calcul, on inscrit vis-à-vis de I, R , le logarithme du côté vis-à-vis l'objet de droite, qui est ici 4,337368, et en forme de suite 21. K au-dessous de I, Q .

6^o Dans la case azimut du 1^{er} calcul, on combine ($z = 110,0198$) de manière à en conclure la ligne supérieure azim. $Z = 26,2256$; de même, dans la case azimut du 2^e calcul, on combine ($z = 309,8387$) de manière à en conclure la ligne supérieure azim. $Z = 361,0106$; on a alors les éléments nécessaires pour remplir les autres cases, seulement on procède d'abord au calcul de Lat. L' supérieure et inférieure, pour voir s'il y a identité approchée; et, si l'on ne s'est pas trompé, on cherche Long. M' , et l'on ne s'occupe de la continuation au-dessous de I, Q , qu'après avoir vérifié les latitudes et les longitudes. Il est inutile de dire qu'en cherchant $I, \cos, Z$, il faut de suite inscrire $I, \sin, Z$ à sa place, pendant qu'on les tient tous deux dans la table des logarithmes.

La vérification des azimuts de l'exemple ci-dessus donne 226,1536 — 161,4495 = 65,0041, qui, avec le troisième angle du triangle non vérifié 65,0038, s'accorde à 3^e, vérification dans les limites voulues. Après le calcul terminé, on ne doit jamais négliger cette vérification sans laquelle on emploierait des azimuts qui pourraient être erronés.

(Voir les Tables à la fin des articles 28 et 29.)

29. Le calcul des latitudes et des longitudes du 3^e ordre repose sur les mêmes formules que celui des latitudes et longitudes du 1^{er} ordre; mais il devient plus simple d'après les considérations suivantes : 1^o les côtés des triangles du 3^e ordre ne devant pas servir pour cheminer, on est dispensé du calcul relatif aux azimuts; 2^o au lieu de sept décimales, on n'en emploie que cinq, et, dans les angles de départ, on ne tient compte que des dizaines de secondes.

L'exemple numérique suivant fera parfaitement comprendre la distribution et l'exécution du calcul, dans les tableaux adoptés pour ce genre d'opération.

La *chapelle de Saint-Laurent*, point du 3^e ordre de ma feuille de Quimper (Carte de France), se trouve rattachée à la base du 2^e ordre, Crozon, Beuzec-Cap-Sizon, par le triangle suivant :

Crozon. Beuzec-Cap-Sizon.	s)	Saint-Laurent (1)	.79,991	<i>l. d. g.</i>	4,27985	19983 (9)
		chapelle.		<i>c. l. sin. s</i>	0,02180	
		[....]		<i>l. sin. d</i>	9,99902	
				<i>l. s. g. (7)</i>	4,30067	
	d)	Crozon (2)	104,375 (4)	<i>l. d. g. +</i>	4,30165	4899 (8)
		clocher.		<i>c. l. sin. s</i>		
				<i>l. sin. g</i>	9,99845	
				<i>l. s. d. (6)</i>	3,69010	
	g)	Beuzec-Cap-Sizon (3)	.15,731 (5)			
		clocher.				
			200,000			

Le calcul des latitudes...., etc., du 2^e ordre, a fourni pour les extrémités de la base Crozon, Beuzec, les données :

Crozon | (10) Lat. L 53°, 6080", 39 | (11) Long. M + 7°, 5865", 19 | (14) Azim. Z 5,4853
 Beuzec | (12) Lat. L' 53°, 4183", 83 | (13) Long. M + 7°, 6109", 07 | (15) Azim. Z' 205,1671

On commence par inscrire les données du triangle, respectivement dans chaque case du tableau ci-dessous, en suivant l'ordre indiqué par les chiffres respectifs placés entre parenthèses jusqu'à (9). Les autres données se prennent dans le tableau ci-dessus fourni par le 2^e ordre; en suivant de même pour l'inscription, l'ordre des chiffres entre parenthèses jusqu'à (15).

CALCUL DES LATITUDES ET LONGITUDES DES POINTS DE 3^e ORDRE.

NOMS ET NUMÉROS DES POINTS.	LATITUDES		LONGITUDES		LATITUDES		LONGITUDES	
	$L' = L - PK \cos Z - QK^2 \sin^2 Z.$		$M' = M + \frac{PK \sin Z}{\cos L'}$		$L' = L - PK \cos Z - QK^2 \sin^2 Z.$		$M' = M + \frac{PK \sin Z}{\cos L'}$	
	d.	Crozon. (2)	Z 301,210	K.	Beuzec. (3)	Z 221,198		
{....}	$L.P.$	8,99973—	(11) 2. 5,485	$L.P.$	8,99973—	(15) 2. 205,467	$L.P.$	8,99848+
	$L.K.$	3,63010	— 400,270	$L.K.$	3,63010	— 400,270	$L.K.$	3,63067
	$L \cos Z$	8,27899+	(8)	$L \cos Z$	9,59592+	(9)	$L \cos Z$	9,34450—
	$L^{1re} \text{ ter.}$	0,59671—	$K = 4,899.$	$L^{1re} \text{ ter.}$	0,47657	$K = 4,9983$	$L^{1re} \text{ ter.}$	0,47637
	2^{me} terme	— 0,097,3	$L.Q.$	2^{me} terme	— 0,2	$L.Q.$	2^{me} terme	— 0,2
	$d.L.$	— 0,9	$d.L.$	— 0,9	$d.L.$	— 0,9	$d.L.$	— 0,9
Saint-Laurent.	$L.(10)$	53,6080	$L.(10)$	53,6080	$L.(10)$	53,6080	$L.(10)$	53,6080
Chapelle. (1)	L'	53°, 60717,0	M'	79°, 31327,2	L'	53°, 60717,0	M'	79°, 31327,2

Avant de procéder au calcul, on inscrit les valeurs de L, P, L, K qui sont fonction de $Lat. L$. Ces valeurs ont été obtenues dans le 2^e ordre par les tables dressées *ad hoc*, mais on les a ici directement par le 2^e ordre, où l'on se contente de prendre celles qui correspondent à la latitude la plus approchée.

On procède alors au calcul : 1^o on combine $\begin{pmatrix} 5,485 \\ -104,275 \end{pmatrix}$ de manière à obtenir la valeur du 1^{er} $Z = 301,210$; la soustraction a été obtenue en ajoutant 400° à $5^{\circ}, 485$, ce qui ne dénature en rien son orientation.

2^o On combine $\begin{pmatrix} 205,467 \\ + 15,731 \end{pmatrix}$ ce qui donne $2.Z = 221^{\circ}, 198$ (quelquefois cette somme excède 400° , alors on inscrit pour Z seulement l'excédant; ainsi, pour une somme = $402^{\circ}, 628$, on inscrira $Z = 2^{\circ}, 628$; de même, pour une somme = $526^{\circ}, 347$, on inscrira $Z = 126^{\circ}, 347$).

3^o On cherche dans la table des logarithmes les valeurs de $\cos. Z$ et $\sin. Z$. Les tableaux imprimés contiennent à l'avance le trait horizontal — pour indiquer la place du signe; s'il est positif, il restera donc à ajouter le trait vertical pour en faire le signe +. On sait que la règle à laquelle on doit se conformer dans ce calcul, est renfermée dans le tableau suivant :

$\sin. 100^{\circ} + A = + \cos. A$	$\sin. 200^{\circ} + A = - \sin. A$	$\sin. 300^{\circ} + A = - \cos. A$
$\cos. 100^{\circ} + A = - \sin. A$	$\cos. 200^{\circ} + A = - \cos. A$	$\cos. 300^{\circ} + A = + \sin. A$

4^o Après avoir obtenu le premier terme de chaque case, on cherche le deuxième terme $QK^2 \sin^2 Z$, et, pour faciliter le calcul, on se sert de la table ci-jointe, calculée jusqu'à $K = 21$ kilomètres. Il est rare que K , dont on a inscrit la valeur en mètres, dépasse cette limite; comme cependant cela peut arriver, il faut alors effectuer entièrement le calcul de ce deuxième terme, et les tableaux renferment, comme on le voit, sa place au-dessous de $K = \dots$.

Après avoir obtenu la valeur de chaque $L' = 53^{\circ}.6071,0$, on procède au calcul de la valeur de chaque M' en introduisant pour l sec. L' , sa valeur.

Il est rare que la vérification des deux L' et des deux M' soit identique comme dans cet exemple, on trouve quelquefois 0.1, 0.2 de différence. Si cette différence dépassait 0.3, il faudrait revoir le calcul du triangle et celui qu'on vient de faire.

Pour abréger encore et éviter les erreurs que l'addition de quatre nombres peut apporter, quand on veut obtenir la valeur de M' , on a dressé la table ci-jointe, qui contient la combinaison de Log. Rsec. L , alors on ne tient plus compte de la première ligne des tableaux, savoir (l . R 8.990...+), et on inscrit vis-à-vis l sec. L' la valeur 9,17505, fournie par la table, alors le calcul prend la forme ci-dessous :

d. Crozon.				Z 301... g. Benzeo.				Z 221,198			

TABLES

POUR LE CALCUL DES LATITUDES ET LONGITUDES DU PREMIER ET DU SECOND ORDRE

Comprises entre le 35° et le 60° grade de latitude.

deux points, on a, pour calculer les latitudes et longitudes L' et M' de ce second point, les formules :

$$\text{Azimut } Z' = 200^\circ + Z - dM \sin \left(\frac{L + L'}{2} \right) \text{ dans laquelle } dM \text{ donné dans le calcul de la longitude est } dM = \frac{R K \sin Z}{\cos L'}$$

$$R = \frac{(1 - e^2 \sin^2 L)}{a \sin(L)}$$

$$\log_e (1 - e^2) = \log_e \frac{b^2}{a^2} = 9.9974810$$

LATIT.	LOG. P.		LOG. Q.		LOG. R.	LATIT.	LOG. P.		LOG. Q.		LOG. R.
50.5	8.9999367	67	4.90039	436	8.9983504	56.0	8.9995692	65	4.97544	438	8.9984294
6	9210	68	475	435	5179	1	5687	65	682	438	4269
7	9171	66	310	435	5356	2	5562	65	820	439	4247
8	9168	66	446	436	5434	3	5497	65	959	439	4225
9	9045	66	582	435	5412	4	5432	65	1.98097	438	4204
51.0	8976	66	747	436	5390	5	5367	65	235	439	4182
1	8910	66	853	436	5368	6	5302	61	374	438	4160
2	8844	66	987	435	5346	7	5238	65	512	439	4139
3	8878	66	1.91424	436	5325	8	5173	65	651	439	4117
4	8712	66	260	435	5302	9	5108	65	790	439	4095
5	8646	66	396	435	5280	57.0	5044	65	929	439	4074
6	8580	66	531	436	5257	1	4979	64	1.99068	439	4052
7	8514	66	667	436	5235	2	4915	65	207	439	4034
8	8448	66	803	436	5213	3	4850	64	346	439	4009
9	8382	66	939	435	5191	4	4786	65	483	440	3987
52.0	8316	66	1.92074	436	5169	5	4724	64	625	439	3966
1	8250	66	210	436	5147	6	4657	64	764	440	3944
2	8184	66	346	436	5125	7	4593	64	904	440	3923
3	8118	66	482	436	5103	8	4529	65	2.00044	439	3904
4	8052	66	618	435	5081	9	4465	65	183	440	3880
5	7986	66	754	436	5059	58.0	4400	64	323	440	3858
6	7920	66	890	436	5037	1	4336	64	463	441	3837
7	7854	66	1.93036	436	5015	2	4272	65	604	441	3815
8	7788	66	462	436	5092	3	4208	65	744	440	3794
9	7722	66	598	436	5070	4	4144	64	884	441	3773
53.0	7656	66	734	436	4948	5	4080	64	2.01025	441	3754
1	7590	66	870	437	4926	6	4016	63	166	440	3730
2	7524	66	1006	436	4904	7	3953	64	306	441	3709
3	7458	65	1143	436	4882	8	3889	64	447	441	3687
4	7393	65	1279	437	4860	9	3825	65	588	441	3666
5	7327	66	1.94446	436	4838	59.0	3762	64	729	442	3644
6	7261	66	232	436	4816	1	3698	64	871	442	3623
7	7195	66	368	437	4794	2	3635	65	2.02012	442	3602
8	7129	66	505	437	4772	3	3574	64	454	442	3584
9	7063	66	642	436	4750	4	3510	63	595	442	3560
54.0	6998	65	778	437	4728	5	3445	64	737	442	3539
1	6933	65	915	437	4706	6	3384	63	879	442	3517
2	6867	65	1.95072	436	4684	7	3321	63	1.021	443	3496
3	6802	65	208	437	4662	8	3255	63	864	442	3475
4	6736	65	345	437	4640	9	3192	63	2.03066	443	3454
5	6671	65	483	437	4618	60.0	3129	63	149	443	3433
6	6605	65	621	437	4597	1	3066	63	294	443	3412
7	6540	65	756	437	4575	2	3003	63	434	443	3394
8	6474	65	893	437	4553	3	2940	63	577	443	3370
9	6409	64	1.97030	438	4534	4	2878	63	720	443	3349
55.0	6343	65	168	437	4509	5	2815	63	863	443	3328
1	6278	65	305	437	4487	6	2752	63	2.04007	444	3307
2	6213	65	442	438	4465	7	2690	63	454	444	3286
3	6148	65	580	437	4443	8	2627	62	594	444	3265
4	6082	64	717	438	4424	9	2565	62	734	444	3244
5	6017	65	855	438	4409	61.0	2503	62	882	444	3223
6	5952	65	993	437	4386						
7	5887	65	1.97130	438	4364						
8	5822	65	268	438	4344						
9	5757	65	406	438	4312						

LATITUDE	15					16					17					18					19					20					21					Z	GRAD.
	45	50	55	50	55	45	50	55	50	55	45	50	55	50	55	45	50	55	50	55	45	50	55	50	55	45	50	55									
Z																																					
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	192					
12	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	188					
16	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	184					
20	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	180					
24	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	176					
28	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	172					
32	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	168					
36	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	164					
40	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	160					
44	0.6	0.7	0.8	0.7	0.8	0.7	0.8	0.9	0.8	0.9	0.8	0.9	1.0	0.9	1.0	0.9	1.0	1.1	1.0	1.1	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.1	1.2	1.2	1.1	1.2	1.1	156					
48	0.7	0.8	1.0	0.8	0.9	1.1	0.9	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4	1.3	1.4	1.5	1.4	1.5	1.6	1.5	1.6	1.7	1.6	1.7	1.7	1.6	1.7	1.7	1.6	152					
52	0.8	0.9	1.1	0.9	1.1	1.2	1.0	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4	1.5	1.4	1.5	1.6	1.7	1.6	1.7	1.8	1.7	1.8	1.9	1.8	1.9	1.9	1.8	1.9	1.9	1.8	1.9	1.8	148				
56	0.9	1.0	1.2	1.0	1.2	1.3	1.1	1.3	1.4	1.3	1.4	1.5	1.6	1.5	1.6	1.7	1.8	1.7	1.8	1.9	1.8	1.9	2.0	1.9	2.0	2.0	1.9	2.0	2.0	1.9	2.0	1.9	144				
60	1.0	1.2	1.3	1.1	1.3	1.4	1.1	1.3	1.4	1.5	1.3	1.4	1.5	1.6	1.5	1.6	1.7	1.8	1.7	1.8	1.9	1.8	1.9	2.0	1.9	2.0	2.0	1.9	2.0	2.0	1.9	2.0	140				
64	1.1	1.3	1.5	1.2	1.4	1.5	1.2	1.4	1.5	1.6	1.4	1.5	1.6	1.7	1.6	1.7	1.8	1.9	1.8	1.9	2.0	1.9	2.0	2.1	2.0	2.1	2.1	2.0	2.1	2.1	2.0	2.1	136				
68	1.2	1.4	1.7	1.3	1.5	1.6	1.3	1.5	1.6	1.7	1.5	1.6	1.7	1.8	1.7	1.8	1.9	2.0	1.9	2.0	2.1	2.0	2.1	2.2	2.1	2.2	2.2	2.1	2.2	2.2	2.1	2.2	132				
72	1.3	1.5	1.8	1.4	1.6	1.7	1.4	1.6	1.7	1.8	1.6	1.7	1.8	1.9	1.8	1.9	2.0	2.1	2.0	2.1	2.2	2.1	2.2	2.3	2.2	2.3	2.3	2.2	2.3	2.3	2.2	2.3	128				
76	1.4	1.6	1.9	1.5	1.7	1.9	1.5	1.7	1.8	1.9	1.7	1.8	1.9	2.0	1.9	2.0	2.1	2.2	2.1	2.2	2.3	2.2	2.3	2.4	2.3	2.4	2.4	2.3	2.4	2.4	2.3	2.4	124				
80	1.5	1.7	2.0	1.6	1.8	2.0	1.6	1.8	1.9	2.0	1.8	1.9	2.0	2.1	2.0	2.1	2.2	2.3	2.2	2.3	2.4	2.3	2.4	2.5	2.4	2.5	2.5	2.4	2.5	2.5	2.4	2.5	120				
84	1.6	1.8	2.1	1.7	1.9	2.1	1.7	1.9	2.0	2.1	1.9	2.0	2.1	2.2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.3	2.4	2.5	2.4	2.5	2.6	2.5	2.6	2.6	2.5	2.6	2.6	2.5	2.6	116				
88	1.7	1.9	2.2	1.8	2.0	2.2	1.8	2.0	2.1	2.2	2.0	2.1	2.2	2.3	2.2	2.3	2.4	2.5	2.4	2.5	2.6	2.5	2.6	2.7	2.6	2.7	2.7	2.6	2.7	2.7	2.6	2.7	112				
92	1.8	2.0	2.3	1.9	2.1	2.3	1.9	2.1	2.2	2.3	2.1	2.2	2.3	2.4	2.3	2.4	2.5	2.6	2.5	2.6	2.7	2.6	2.7	2.8	2.7	2.8	2.8	2.7	2.8	2.8	2.7	2.8	108				
96	1.9	2.1	2.4	2.0	2.2	2.4	2.0	2.2	2.3	2.4	2.2	2.3	2.4	2.5	2.4	2.5	2.6	2.7	2.6	2.7	2.8	2.7	2.8	2.9	2.8	2.9	2.9	2.8	2.9	2.9	2.8	2.9	104				
100	2.0	2.2	2.5	2.1	2.3	2.5	2.1	2.3	2.4	2.5	2.3	2.4	2.5	2.6	2.5	2.6	2.7	2.8	2.7	2.8	2.9	2.8	2.9	3.0	2.9	3.0	3.0	2.9	3.0	3.0	2.9	3.0	100				

Lorsque le point à calculer est déterminé sur deux bases, choisissez de préférence le triangle qui a les plus petits côtés.

TABLE DONNANT LA VALEUR DE LOG. R SEC. L' POUR LE CALCUL DES LONGITUDES DES POINTS D'UN TRIANGLE.

ARGUMENT : Latitude L'.

LOG. R pour 50° = 8,99936.

0.1.												0.2.											
	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56		47	48	49	50	51	52	53	54	55	56		
1	0 2661	3300	4238	5308	6548	6111	7017	7807	8591	9180	10	1 50 3273	3911	4570	5250	5952	6676	7414	8195	8992	9815	10	
2	1 2667	3306	4244	5314	6554	6117	7023	7813	8597	9186	20	1 51 3279	3918	4577	5257	5959	6684	7421	8203	9008	9831	20	
3	2 2673	3312	4251	5321	6561	6124	7030	7820	8604	9194	30	1 52 3286	3924	4584	5264	5966	6691	7429	8211	9016	9837	30	
4	3 2680	3318	4258	5328	6568	6131	7037	7827	8611	9203	40	1 53 3292	3931	4591	5271	5973	6700	7437	8219	9024	9840	40	
5	4 2686	3324	4265	5335	6575	6138	7044	7834	8618	9210	50	1 54 3298	3937	4598	5278	5980	6706	7444	8227	9030	9848	50	
6	5 2692	3331	4272	5342	6582	6145	7051	7841	8625	9217	60	1 55 3304	3944	4605	5285	5988	6713	7452	8235	9037	9855	60	
7	6 2698	3338	4278	5348	6589	6152	7058	7848	8632	9224	70	1 56 3311	3950	4612	5292	5995	6720	7459	8243	9044	9862	70	
8	7 2704	3345	4285	5355	6596	6159	7065	7855	8639	9231	80	1 57 3317	3957	4619	5299	6002	6727	7467	8250	9051	9869	80	
9	8 2710	3351	4291	5361	6603	6166	7072	7862	8646	9238	90	1 58 3323	3964	4626	5306	6009	6734	7475	8258	9058	9876	90	
10	9 2716	3357	4297	5368	6610	6173	7079	7869	8653	9245	100	1 59 3329	3970	4633	5313	6016	6741	7482	8265	9065	9883	100	
11	0 2722	3364	4304	5375	6617	6180	7086	7876	8660	9252	10	2 00 3336	3977	4640	5320	6023	6748	7490	8272	9072	9890	10	
12	1 2728	3370	4310	5381	6624	6187	7093	7883	8667	9259	20	2 01 3342	3983	4646	5326	6030	6755	7498	8280	9080	9907	20	
13	2 2734	3376	4316	5387	6631	6194	7100	7890	8674	9266	30	2 02 3348	3989	4653	5333	6037	6762	7506	8288	9088	9915	30	
14	3 2740	3382	4322	5393	6638	6201	7107	7897	8681	9273	40	2 03 3354	3995	4659	5339	6044	6769	7514	8296	9096	9923	40	
15	4 2746	3388	4328	5399	6645	6208	7114	7904	8688	9280	50	2 04 3360	4001	4665	5346	6051	6776	7522	8304	9104	9930	50	
16	5 2752	3394	4334	5405	6652	6215	7121	7911	8695	9287	60	2 05 3366	4007	4671	5352	6058	6783	7530	8312	9112	9937	60	
17	6 2758	3400	4340	5411	6659	6222	7128	7918	8702	9294	70	2 06 3372	4013	4677	5358	6065	6790	7538	8320	9120	9945	70	
18	7 2764	3406	4346	5417	6666	6229	7135	7925	8709	9301	80	2 07 3378	4019	4683	5364	6072	6797	7546	8328	9128	9952	80	
19	8 2770	3412	4352	5423	6673	6236	7142	7932	8716	9308	90	2 08 3384	4025	4689	5370	6079	6804	7554	8336	9136	9960	90	
20	9 2776	3418	4358	5429	6679	6243	7149	7939	8723	9315	100	2 09 3390	4031	4695	5376	6086	6811	7562	8344	9144	9968	100	
21	0 2782	3424	4364	5435	6686	6250	7156	7946	8730	9322	10	3 00 3396	4037	4701	5382	6093	6818	7570	8352	9152	9976	10	
22	1 2788	3430	4370	5441	6693	6257	7163	7953	8737	9329	20	3 01 3402	4043	4707	5388	6100	6825	7578	8360	9160	9984	20	
23	2 2794	3436	4376	5447	6700	6264	7170	7960	8744	9336	30	3 02 3408	4049	4713	5394	6107	6832	7586	8368	9168	9992	30	
24	3 2800	3442	4382	5453	6706	6271	7177	7967	8751	9343	40	3 03 3414	4055	4719	5400	6114	6839	7594	8376	9176	9999	40	
25	4 2806	3448	4388	5459	6713	6278	7184	7974	8758	9350	50	3 04 3420	4061	4725	5406	6121	6846	7602	8384	9184	10000	50	
26	5 2812	3454	4394	5465	6719	6285	7191	7981	8765	9357	60	3 05 3426	4067	4731	5412	6128	6853	7610	8392	9192	10001	60	
27	6 2818	3460	4400	5471	6726	6292	7198	7988	8772	9364	70	3 06 3432	4073	4737	5418	6135	6860	7618	8400	9200	10002	70	
28	7 2824	3466	4406	5477	6733	6299	7205	7995	8779	9371	80	3 07 3438	4079	4743	5424	6142	6867	7626	8408	9208	10003	80	
29	8 2830	3472	4412	5483	6739	6306	7212	8002	8786	9378	90	3 08 3444	4085	4749	5430	6149	6874	7634	8416	9216	10004	90	
30	9 2836	3478	4418	5489	6746	6313	7219	8009	8793	9385	100	3 09 3450	4091	4755	5436	6156	6881	7642	8424	9224	10005	100	
31	0 2842	3484	4424	5495	6753	6320	7226	8016	8800	9392	10	4 00 3456	4097	4761	5442	6163	6888	7650	8432	9232	10006	10	
32	1 2848	3490	4430	5501	6760	6327	7233	8023	8807	9400	20	4 01 3462	4103	4767	5448	6170	6895	7658	8440	9240	10007	20	
33	2 2854	3496	4436	5507	6767	6334	7240	8030	8814	9407	30	4 02 3468	4109	4773	5454	6177	6902	7666	8448	9248	10008	30	
34	3 2860	3502	4442	5513	6774	6341	7247	8037	8821	9414	40	4 03 3474	4115	4779	5460	6184	6909	7674	8456	9256	10009	40	
35	4 2866	3508	4448	5519	6781	6348	7254	8044	8828	9421	50	4 04 3480	4121	4785	5466	6191	6916	7682	8464	9264	10010	50	
36	5 2872	3514	4454	5525	6788	6355	7261	8051	8835	9428	60	4 05 3486	4127	4791	5472	6198	6923	7690	8472	9272	10011	60	
37	6 2878	3520	4460	5531	6795	6362	7268	8058	8842	9435	70	4 06 3492	4133	4797	5478	6205	6930	7698	8480	9280	10012	70	
38	7 2884	3526	4466	5537	6802	6369	7275	8065	8849	9442	80	4 07 3498	4139	4803	5484	6212	6937	7706	8488	9288	10013	80	
39	8 2890	3532	4472	5543	6809	6376	7282	8072	8856	9449	90	4 08 3504	4145	4809	5490	6219	6944	7714	8496	9296	10014	90	
40	9 2896	3538	4478	5549	6816	6383	7289	8079	8863	9456	100	4 09 3510	4151	4815	5496	6226	6951	7722	8504	9304	10015	100	
41	0 2902	3544	4484	5555	6823	6390	7296	8086	8870	9463	10	5 00 3516	4157	4821	5502	6233	6958	7730	8512	9312	10016	10	
42	1 2908	3550	4490	5561	6830	6397	7303	8093	8877	9470	20	5 01 3522	4163	4827	5508	6240	6965	7738	8520	9320	10017	20	
43	2 2914	3556	4496	5567	6837	6404	7310	8100	8884	9477	30	5 02 3528	4169	4833	5514	6247	6972	7746	8528	9328	10018	30	
44	3 2920	3562	4502	5573	6844	6411	7317	8107	8891	9484	40	5 03 3534	4175	4839	5520	6254	6979	7754	8536	9336	10019	40	
45	4 2926	3568	4508	5579	6851	6418	7324	8114	8898	9491	50	5 04 3540	4181	4845	5526	6261	6986	7762	8544	9344	10020	50	
46	5 2932	3574	4514	5585	6858	6425	7331	8121	8905	9498	60	5 05 3546	4187	4851	5532	6268	6993	7770	8552	9352	10021	60	
47	6 2938	3580	4520	5591	6865	6432	7338	8128	8912	9505	70	5 06 3552	4193	4857	5538	6275	7000	7778	8560	9360	10022	70	
48	7 2944	3586	4526	5597	6872	6439	7345	8135	8919	9512	80	5 07 3558	4199	4863	5544	6282	7007	7786	8568	9368	10023	80	
49	8 2950	3592	4532	5603	6879	6446	7352	8142	8926	9519	90	5 08 3564	4205	4869	5550	6289	7014	7794	8576	9376	10024	90	
50	9 2956	3598	4538	5609	6886	6453	7359	8149	8933	9526	100	5 09 3570	4211	4875	5556	6296	7021	7802	8584	9384	10025	100	
51	0 2962	3604	4544	5615	6893	6460	7366	8156	8940	9533	10	6 00 3576	4217	4881	5562	6303	7028	7810	8592	9392	10026	10	
52	1 2968	3610	4550	5621	6900	6467	7373	8163	8947	9540	20	6 01 3582	4223	4887	5568	6310	7035	7818	8600	9400	10027	20	
53	2 2974	3616	4556	5627	6907	6474	7380	8170	8954	9547	30	6 02 3588	4229	4893	5574	6317	7042	7826	8608	9408	10028	30	
54	3 2980	3622	4562	5633	6914	6481	7387	8177	8961	9554	40	6 03 3594	4235	4899	5580	6324	7049	7834	8616	9416	10029	40	
55	4 2986	3628	4568	5639	6921	6488	7394	8184	8968	9561	50	6 04 3600	4241	4905	5586	6331	7056	784					

Mesure des bases.

30. On donne le nom de *bases* aux côtés d'un réseau de triangles, mesurés directement avec des règles destinées à cet usage et qui représentent un certain multiple de l'unité de mesure, du mètre, par exemple.

Une de ces bases une fois connue, sert à calculer tous les autres côtés du réseau; il est donc essentiel d'obtenir sa longueur aussi rigoureusement que possible, et cette opération devient une des plus délicates et des plus importantes en géodésie.

La longueur d'une base doit être en rapport avec les côtés du triangle auquel elle appartient; elle doit être établie sur un terrain sensiblement de niveau, ou plutôt, il faut que la ligne géodésique qui la représente soit située dans un plan vertical et fasse par conséquent partie d'un grand cercle de la terre; sa longueur doit être déduite d'une unité de mesure parfaitement connue et ramenée au même état de température, à cause de la dilatation des corps qui varie, comme on sait, suivant les différents degrés de température de l'atmosphère. Quelquefois une base ne peut pas être mesurée en ligne droite; les ondulations du terrain ne permettent pas toujours de placer les règles horizontalement; tous les côtés du réseau ayant été projetés sur la surface moyenne des eaux de la mer, il faut ramener la longueur de la base à cette même surface de niveau; ainsi, pour la mesure d'une base en géodésie, les corrections distinctes à opérer se réduisent aux quatre suivantes :

- 1^o Correction due à la variation de température;
- 2^o Réduction de la base à un arc de grand cercle;
- 3^o Réduction de la base à l'horizon de l'un de ses termes;
- 4^o Réduction au niveau de la mer.

Voir pour ces questions de haute géodésie. (PUISSANT, *Géodésie*, liv. 3, chap. 8; et SALNEUVE, *Cours de Géodésie*, liv. 5, chap. 2.)

Les bases dont on se sert en topographie, demandent moins de précision et s'obtiennent ordinairement avec une chaîne métrique de 20 à 25 mètres de longueur, divisée en mètres et subdivisée en décimètres.

Lorsque le sol n'a qu'une légère inclinaison, on y remédie en tendant la chaîne autant que possible horizontalement; mais si la pente devenait par trop inclinée, ce procédé deviendrait impraticable. Il faut alors suivre la pente avec la chaîne, en mesurer l'inclinaison avec l'éclimètre, dont nous donnerons la description à l'article *Différences de niveau*, et calculer la projection de la base par la méthode suivante :

Soit l la longueur de la base, θ son angle d'inclinaison, et x sa réduction ou sa projection horizontale, on aura :

$$x = l \cos. \theta.$$

Mais, d'après le choix qu'on a fait du terrain, les inclinaisons sont ordinairement très faibles, c'est-à-dire que θ est très petit. Or, quand les angles approchent de zéro, les cosinus varient très lentement et leurs valeurs sont inscrites dans les tables par des logarithmes qui ne diffèrent pas, ou presque pas entre eux, dans les sept premières décimales. Au contraire, les sinus varient très rapidement dans les mêmes cir-

constances; il y a donc avantage à les employer en transformant le calcul de la manière suivante :

$$l - x = l(1 - \cos. \theta) = 2l \sin.^2 \left(\frac{\theta}{2} \right), \text{ formule qui donne le petit excès de } l \text{ sur } x.$$

Si θ est connu en minutes, on aura $l - x = \frac{1}{3} l \sin.^2 \theta'$.

Pour abréger les opérations numériques, on a mis cette formule en table; ainsi, au moyen de la table suivante, calculée de 50 minutes en 50 minutes et pour 100 mètres de longueur, on réduira à l'horizon toute autre longueur inclinée en faisant cette proportion :

Cent : nombre de la table :: longueur mesurée : longueur réduite.

INCLINAISON.	PROJECTION horizontale.	INCLINAISON.	PROJECTION horizontale.	INCLINAISON.	PROJECTION horizontale.	INCLINAISON.	PROJECTION horizontale.
grades.	mètres.	grades.	mètres.	grades.	mètres.	grades.	mètres.
1.0	99.99	11.0	97.59	27.0	91.11	30.0	80.90
1.5	99.97	11.5	97.12	27.5	90.80	30.5	80.44
2.0	99.85	12.0	97.25	28.0	90.18	31.0	79.97
2.5	99.92	12.5	97.03	28.5	90.15	31.5	79.49
3.0	99.89	13.0	96.86	29.0	89.80	32.0	79.02
3.5	99.85	13.5	96.60	29.5	89.45	32.5	78.53
4.0	99.80	14.0	96.46	30.0	89.10	33.0	78.04
4.5	99.75	14.5	96.35	30.5	88.74	33.5	77.55
5.0	99.69	15.0	96.03	31.0	88.38	34.0	77.05
5.5	99.63	15.5	95.81	31.5	88.00	34.5	76.55
6.0	99.56	16.0	95.58	32.0	87.63	35.0	76.04
6.5	99.48	16.5	95.35	32.5	87.25	35.5	75.53
7.0	99.40	17.0	95.11	33.0	86.86	36.0	75.00
7.5	99.31	17.5	94.86	33.5	86.47	36.5	74.49
8.0	99.21	18.0	94.61	34.0	86.07	37.0	73.96
8.5	99.11	18.5	94.35	34.5	85.67	37.5	73.43
9.0	99.00	19.0	94.09	35.0	85.26	38.0	72.90
9.5	98.89	19.5	93.82	35.5	84.85	38.5	72.36
10.0	98.77	20.0	93.54	36.0	84.43	39.0	71.81
10.5	98.63	20.5	93.26	36.5	84.01	39.5	71.26
11.0	98.51	21.0	92.98	37.0	83.58	40.0	70.71
11.5	98.36	21.5	92.69	37.5	83.15	40.5	70.15
12.0	98.23	22.0	92.39	38.0	82.71		
12.5	98.07	22.5	92.08	38.5	82.27		
13.0	97.92	23.0	91.77	39.0	81.82		
13.5	97.76	23.5	91.46	39.5	81.36		

Lorsqu'on ne tient pas à avoir les bases mesurées avec une très grande précision, comme dans les opérations de détail en topographie, on emploie avec avantage un instrument connu sous le nom de *stadia*, et dont la construction est facile.

On place au réticule de sa lunette deux fils parallèles au fil horizontal, l'un au-dessous et l'autre au-dessus de ce dernier, de manière que les deux intervalles soient égaux et d'environ 3 millim. chacun. On fait placer verticalement et successivement à la distance de 100 mè., 200 mè., 300 mè. de la lunette, une règle peinte en blanc, à peu près de 3 mè. de longueur, 12 cent. de largeur et 3 cent. d'épaisseur; sur la face peinte en blanc, on marque chaque fois au crayon l'intervalle compris entre les deux fils parallèles, dont l'un effleure l'extrémité supérieure de la règle, tandis que l'axe optique est

horizontal. Puis on divise en vingt parties égales chacun des trois intervalles qui doivent être égaux, et ces petites parties correspondent à 5 mètr. de distance.

Si l'axe optique, déterminé par le fil du milieu était incliné à l'horizon, la distance mesurée à la station aurait besoin de la correction donnée par la table précédente.

Lorsqu'un obstacle ne permet pas de voir toute la partie comprise entre les deux fils extrêmes du réticule, on remarque combien il y a de divisions entre le premier fil et celui du milieu, et alors le double de ce nombre est celui qui exprime la distance cherchée, puisque les trois fils sont supposés équidistants.

La règle doit être parfaitement verticale, sans quoi la distance évaluée serait fautive.

Angles ramenés au centre.

31. *Réduction au centre.* — Lorsque l'instrument est placé au centre du signal, il donne immédiatement les angles cherchés entre les signaux pointés; mais, s'il se trouve que le centre du signal soit embarrassé, on s'en écarte le moins possible et les angles ont besoin d'une correction qu'on nomme la réduction au centre.

Par exemple : si, au lieu de se mettre au centre C d'un signal pour pointer les objets A et B, on est forcé de s'en écarter d'une distance r , l'angle mesuré O = $\angle A B$, lorsqu'on est placé en a , ne sera pas égal à l'angle ACB qu'on aurait dû mesurer.



Mais, en ayant le soin d'observer l'angle y , que forme le rayon aB , dirigé sur l'objet de gauche, avec le rayon r , dirigé sur le centre, et de tenir compte de la longueur de ce rayon $r = aC$, on aura les éléments nécessaires pour calculer la différence entre l'angle C et l'angle O.

En effet, le triangle BiA , extérieur au triangle Aia donne :

$$\angle i B = O + \angle A a$$

le triangle BiA extérieur au triangle BiC donne . .

$$\angle i B = C + \angle B a$$

d'où

$$C + \angle B a = O + \angle A a$$

et par suite

$$C - O = \angle A a - \angle B a$$

mais le triangle CAa donne : $\sin. CAa = \frac{r \sin. (O+y)}{AC}$,

de même le triangle CBa donne : $\sin. CBa = \frac{r \sin. y}{BC}$,

et comme les angles CAa et CBa sont toujours très petits, on pourra prendre les sinus des arcs pour les arcs mêmes ; alors on aura à très peu près :

$$C - O = \frac{r \sin. (O+y)}{AC} - \frac{r \sin. y}{BC}.$$

On désigne ordinairement par D , la distance CA , de l'objet de droite et par G , la distance CB de l'objet de gauche ; alors la formule qui donne la différence entre l'angle vrai et l'angle observé, devient :

$$C - O = \frac{r \sin. (O+y)}{D} - \frac{r \sin. y}{G}.$$

Cette différence est de quelques secondes, et pour les obtenir, nous ferons remarquer que r est donné en mètres, et que pour convertir cette longueur en secondes, il suffira de la multiplier par $\frac{1}{\sin. 1''}$, en effet :

32. Si nous représentons par R le rayon d'une circonférence dont Q serait le quadrans, pour avoir R en parties de ce quadrans, on posera la proportion :

$$\pi : 1 :: 2^\circ : R = \frac{90}{\pi},$$

Si dans cette proportion on choisit le système décimal, on aura :

$$2^\circ = 200'' = 20,000' = 2,000,000'',$$

alors le rayon sera exprimé en minutes centésimales par :

$$R = \frac{90,000'}{2} = 6366', 1977237 \text{ dont le logarithme} = 3,80388012297,$$

le même rayon, exprimé en secondes centésimales, sera :

$$R = \frac{2,000,000''}{\pi} = 636619'', 77237 \text{ dont le logarithme} = 5,8038801.$$

Il en résulte qu'un arc quelconque, donné en parties du rayon, considéré comme unité, sera exprimé, par exemple, en secondes en le multipliant par R'' , et un arc donné en secondes, sera converti en parties du rayon en le divisant par R'' .

Or, il est remarquable que $R'' = \frac{1}{\sin. 1''}$, du moins à très peu près, puisque $\frac{1}{\sin. 1''} = \frac{1}{\text{arc. } 1''}$ à peu de chose près ; mais $\frac{1}{\text{arc. } 1''} = R''$ exactement donc $R'' = \frac{1}{\sin. 1''}$ par approximation.

Maintenant, si l'on veut mettre pour r sa valeur en secondes dans la formule qui exprime $C - O$, il faudra multiplier le second membre par $\frac{1}{\sin. 1''}$, et elle deviendra :

$$C - O = \frac{r \sin. (O+y)}{D \sin. 1''} - \frac{r \sin. y}{G \sin. 1''}.$$

Pour calculer cette formule, il faut, comme on le voit, connaître à l'avance les distances D et G, mais elles n'ont pas besoin d'être connues avec une précision rigoureuse. Dans les calculs du 1^{er} et du 2^e ordre, on les obtient au moyen d'un calcul provisoire, dans lequel on emploie les angles non corrigés, et pour le 3^e ordre, on prend ces longueurs avec une échelle de proportion sur le canevas où l'on a tracé le 1^{er} et le 2^e ordre avec précision, et le 3^e ordre par recoupement, au moyen des angles non corrigés.

33. *Exemple numérique d'une réduction au centre* (tiré de ma feuille de Dinan, carte de France).

A Dinan (lanterne Saint-Sauveur), on a observé à dix répétitions l'angle entre Bécherel, objet de droite, et Saint-Pierre-le-Pléguen, objet de gauche. L'instrument était en a à une distance $r = 1^m 3$ du centre de la lanterne, et le rayon dirigé sur Saint-Pierre, faisait avec celui dirigé sur le centre un angle $\gamma = 243^{\circ}.1$. (On conçoit que cet angle n'a pas besoin d'être connu d'une manière plus approchée, ce qui influe le plus dans le calcul, c'est la distance r .)

L'angle définitif entre les deux objets a été trouvé $O = 70^{\circ}.6066$. Les calculs provisoires ont donné $D = \text{Dinan-Bécherel} = 19200^m$ et $G = \text{Dinan-Saint-Pierre} = 9500^m$.

Ces données, une fois inscrites dans le tableau suivant, on procède, au moyen de la table ci-jointe, au calcul séparé de chaque terme :

(Voir la table ci-jointe et le tableau suivant, pour le détail du calcul.)

OBSERVATIONS ET RÉDUCTIONS.

STATION A DINAN.

ANGLES OBSERVÉS		RÉDUCTION AU CENTRE		ANGLES RÉDUITS ET DÉDUITS.
MULTIPLES.	SIMPLES.	$\frac{r \sin (O+y)}{D \sin 1''}$	$\frac{r \sin y}{G \sin 1''}$	
2 444,240	.70,6050	$O+y=343,7$	$D=19200$	d Bécherel, cr.
4 382,434	.6085	$y=243,1$	$G=9500$	2° t. + 54.
6 423,640	.6067	$O=70,6$	rédu. s =	g Saint-Pierre, cr. .70,6078
8 564,846	.6087	$r=1,3=s C$	rédu.	d
10 786,066	.6066		$e + = + .42$	e
12	0		Ang. obs. 70,6066	
So Al. ...			Angle réduit. 80,6078	
..	.70,6066			

$$\text{Formule du 1^{er} terme} = \frac{r \sin (O+y)}{D \sin 1''}$$

$$= \frac{3^{\text{e}}, 1}{19200} \times \frac{\sin. 313^{\text{e}}, 7}{\sin. 1''}$$

Calcul du 1^{er} terme.

$$\text{Log. } r = 0,114$$

$$\text{Log. } \frac{\sin. (O+y)}{\sin. 1''} = 5,794 -$$

$$\text{compt. log. } D = 5,716$$

$$\text{Log. 1^{er} terme} = 1,624$$

$$1^{\text{er}} \text{ terme} = - 42''.$$

$$\text{Formule du 2^e terme} = \frac{r \sin. y}{G \sin. 1''}$$

$$= \frac{3^{\text{e}}, 1}{9500} \times \frac{\sin. 243^{\text{e}}, 1}{\sin. 1''}.$$

Calcul du 2^e terme.

$$\text{Log. } r = 0,114$$

$$\text{Log. } \frac{\sin. y}{\sin. 1''} = 5,600 -$$

$$\text{compt. log. } G = 6,021$$

$$\text{Log. 2^e terme} = 1,735$$

$$2^{\text{e}} \text{ terme} = - 54.$$

Nota. Le sin. $313^{\text{e}}, 7 = -\cos. 13^{\text{e}}, 7$, alors on a mis le signe — devant pour indiquer que le 1^{er} terme est négatif. De même, sin. $243^{\text{e}}, 1 = -\sin. 43^{\text{e}}, 1$, alors on a mis le signe — pour indiquer que le 2^e terme est aussi négatif, et, comme ce dernier doit se retrancher du premier, on a inscrit + 54 dans le tableau.

CHAPITRE III.

INSTRUMENTS DESTINÉS A MESURER LES ANGLES EN GÉODÉSIE.

Avantage de la répétition des angles.

34. Les instruments qui servent à mesurer les angles en géodésie sont : le cercle répéteur de Borda et le théodolite.

Il faut avoir ces instruments entre les mains pour bien les connaître, et nous ne nous étendrons ici que sur les propriétés dont ils jouissent et la manière de s'en servir, en

négligeant les détails que le maniement de l'instrument rend d'une évidence fort simple.

Ils ont la propriété commune d'atténuer les erreurs de pointé et de lecture par la multiplication des observations; c'est-à-dire qu'ils fournissent, par des opérations répétées, le rapport de plus en plus approché d'un arc cherché avec la circonférence divisée de leur limbe, qui sert d'étalon.

Leur limbe étant, par exemple, divisé en 4000 parties, si l'on porte dessus en partant du zéro, neuf fois de suite un arc cherché, et qu'on trouve une circonférence entière plus 50 parties, pour ce multiple de l'arc, sa longueur sera évidemment 4050 parties divisées par 9, et si x est l'erreur de pointé et de lecture commise sur la dernière observation, après la division par 9 la longueur de l'arc cherché ne sera plus affectée que de $\frac{x}{9}$. Si, au lieu de porter l'arc 9 fois, on le porte 10 fois; après la division par 10 de la somme des multiples, la longueur de l'arc ne sera plus affectée que de $\frac{x}{10}$; enfin, si l'on porte l'arc n fois sur la circonférence, après la division par n de la somme des multiples, la mesure définitive de l'arc ne sera plus affectée que de $\frac{x}{n}$; or, cette erreur sera d'autant moindre que n sera plus grand; donc on diminuera l'erreur de pointé et de lecture en multipliant de plus en plus la portée de l'arc à mesurer, sur la circonférence.

Vernier, Nonius.

35. Les divisions du limbe de ces instruments sont plus ou moins multipliées, suivant la dimension de leur diamètre et le degré de précision qu'ils sont destinés à fournir.

Un cercle de 28 centimètres de diamètre suffit pour les opérations les plus délicates de la géodésie, et son limbe comprend aisément 4000 parties égales, dont 10 forment le *grade*.

Mais quelque multipliées que soient les divisions d'un étalon qui sert à mesurer des longueurs cherchées, on conçoit que cet étalon ne donnera la mesure exacte de la longueur cherchée que dans le cas très rare où elle-ci viendra s'appliquer avec coïncidence parfaite avec les divisions de l'étalon; le plus ordinairement elle comprendra un certain nombre de divisions de l'étalon, plus une fraction. C'est cette fraction qu'il s'agit d'évaluer au moyen d'un appareil désigné sous le nom de *vernier* ou *nonius*, des noms de deux géomètres qui l'ont fait connaître.



Soit AB, un étalon divisé en 1, 2, 3, 4, ..., etc., et parties égales. Si nous prenons une petite règle CD, juste de la longueur de 5 parties de l'étalon, que nous divisons cette petite règle en une partie de plus, c'est-à-dire en 6 parties égales : lorsque nous mettrons cette petite règle en coïncidence avec les divisions 0 et 5 de l'étalon, le n° 1 de la petite règle sera (en prenant pour unité l'une des divisions de l'étalon) en arrière

de $\frac{1}{4}$ d'unité sur le n° 1 de l'étalon, le n° 2 de la petite règle sera en retard de $\frac{1}{4}$ sur le n° 2 de l'étalon, le n° 3 de la petite règle sera en retard de $\frac{1}{4}$ sur le n° 3 de l'étalon, le n° 4 sera en retard de $\frac{1}{4}$, le n° 5 sera en retard de $\frac{1}{4}$, et enfin le n° 6 de la petite règle sera en retard de $\frac{1}{4}$, ou une unité sur le n° 6 de l'étalon, c'est-à-dire qu'il correspondra juste avec le n° 5 de l'étalon.

Maintenant que nous connaissons la propriété des divisions de la règle CD, nous pourrons nous en servir pour mesurer exactement une longueur EG, qui contient, par exemple 11 parties de l'étalon, plus une petite fraction F. Pour cela, nous portons la règle CD au bout de EG, et nous trouvons, par exemple, que la division 4 de la règle coïncide avec une division de l'étalon, alors la fraction F sera $\frac{1}{4}$ de l'unité et la longueur de EG sera de 11 unités plus $\frac{1}{4}$, car la division 3 de la règle est en avance de $\frac{1}{4}$ sur la division 14 de l'étalon, la division 2 de la règle est en avance de $\frac{1}{4}$ sur la division 13 de l'étalon, la division 1 de la règle est en avance de $\frac{1}{4}$ sur la division 12 de l'étalon enfin la division 0 de la règle est en avance de $\frac{1}{4}$ sur la division 11 de l'étalon.

On conçoit qu'il est inutile de compter les parties une à une, le chiffre 4 de la coïncidence donne de suite la fraction $\frac{1}{4}$; les unités ici sont fractionnées en sixièmes, parce que 5 de ces unités ont été partagées en 6 sur le vernier. En général, si le vernier comprend n parties, on les aura obtenues en divisant $n - 1$ parties de la plus petite espèce de l'étalon par n , il donnera donc $\frac{1}{n^{\text{ième}}}$ d'approximation de la plus petite partie de l'étalon, cette plus petite partie étant, par exemple, $L = 10'$, et la division du vernier étant $n = 50$, l'approximation du vernier sera $\frac{L}{n} = \frac{10'}{50} = 20''$.

La même démonstration s'applique au cas où les divisions égales sont tracées sur une circonférence, et le vernier est dans ce cas, un petit arc concentrique avec cette circonférence.

36. Dans les instruments du dépôt de la guerre, le limbe est divisé en 400° , chaque grade en 10 parties ou dizaines de minutes, le vernier comprend 490 du limbe divisés en 50 parties, la différence entre une division du limbe et une du vernier est donc $\frac{490}{49} - \frac{490}{50} = \frac{10}{5} = 20''$. Cinq de ces divisions font une minute, et le vernier les indique par des chiffres placés de cinq en cinq divisions, on a ensuite autant de fois $20''$ qu'il y a de divisions depuis la minute jusqu'à la division qui correspond le mieux à une de celles du limbe.

37. Les divisions du limbe et du vernier étant très serrées ne permettent pas d'être vues sans le secours d'une loupe. Malgré cela, la différence de largeur de celles du limbe se perd souvent dans l'épaisseur des traits de séparation, et l'on trouve que la coïncidence paraît exacte sur deux traits consécutifs, alors on s'arrête sur la moyenne entre ces deux indications.

Corrections de l'erreur de répartition des divisions du limbe par la lecture des quatre verniers.

38. Le cercle répétiteur porte 4 verniers placés aux extrémités de 4 alidades disposées en croix et à angle droit; mais, malgré l'attention de l'artiste, la coïncidence exacte

de ces 4 alidades avec les 4 quarts de la circonférence n'est pas toujours exacte, et dans la mesure des angles au premier ordre, il est nécessaire de tenir compte des différences qu'elles indiquent pour corriger l'angle définitif des erreurs de répartition. Voici comment on procède en nous servant d'un exemple.

On place l'alidade n° 1 à zéro exactement, et on lit les trois autres qui donnent, par exemple :

1 ^{re} alidade.	2 ^{re} alidade.	3 ^{re} alidade.	4 ^{re} alidade.
0°,000	100°,046	199°,988	299°,969

dont la somme, en ne tenant pas compte des unités, donne 0.003.

Supposons qu'on ait observé l'angle A par la série suivante :

<i>Angles multiples.</i>		<i>Angles simples.</i>	
2A.	90,842.	45,421	
4A.	181,684.	45,421	
6A.	272,527.	45,421166	
8A.	363,379.	45,422375	
10A.	454,225.	45,4225	
12A.	545,075.	45,42275	
14A.	635,921.	45,42295	
16A.	726,772.	45,42315	
18A.	817,618.	45,42322	
20A.	908,470.	45,4235	
22A.	999,320.	45,423636	
1 ^{re} alidade 24A.	1090,164	$\left. \begin{array}{r} 666 - 003 \\ 4 \end{array} \right\}$	
2 ^{re} alid.	212		
3 ^{re} alid.	154		
4 ^{re} alid.	136		
24A.	1090,16575.	45,423579	

On a inscrit dans une colonne les angles donnés par les observations successives, en se contentant de lire à chaque une seule alidade : de ces angles multiples, on conclura l'angle simple, ce qui servira à voir la marche de la série et à reconnaître si l'on ne commet pas d'erreur grave sur le pointé. Quand on a pris dix à douze angles doubles, l'erreur de la division est suffisamment atténuée et on lit alors les 4 alidades ; on écrit l'un sous l'autre les nombres qu'elles donnent en omettant les unités ; on fait la somme des 4 qui donnent 0,666, dont on retranche 0,003, somme des quatre alidades quand la première était à zéro, on prend le quart de la différence, et c'est la partie décimale du nombre de grades donné par la dernière observation.

Ainsi, dans notre exemple $0,666 - 003 = 0,663$, dont le quart $= 0,16575$, donc 12 fois l'angle double $= 1090°,16575$; divisant par 24, on aura l'angle simple $= 45°423579$.

Usage du cercle répétiteur.

39. Le cercle répétiteur a la propriété de mesurer l'angle entre deux objets dans le plan de ces deux objets passant par son centre. Le limbe qui porte les divisions a donc, sur son support, la propriété de pouvoir se placer dans toutes les inclinaisons possibles.

Les deux lunettes qui passent par son centre (ou très près, voir *Excentricité des lu-*

nettes, *PUISSANT, Géodésie*), l'une en tournant en dessous, l'autre en dessus de ce limbe et indépendamment de lui, peuvent pointer tous les objets situés dans le plan du limbe; ces lunettes s'agrafent et se désagrafent à volonté du limbe, qui, lui-même, s'agrafe à une pièce de la colonne de son support, ce qui permet de faire tourner les lunettes avec lui ou sans lui.

Mesure d'un angle dans le plan des objets.

40. Pour mesurer un angle avec cet instrument, nous supposons que les divisions du limbe soient tracées de droite à gauche pour l'œil au centre. (Quelquefois c'est le contraire, et l'on concevra alors qu'il faudrait agir d'une manière inverse.)

On fixe la lunette supérieure sur le zéro et on fait tourner le limbe et la lunette, qui ne font plus qu'un, jusqu'à ce que la lunette vise l'objet de droite. On agrafe le limbe à la colonne, et on dirige la lunette inférieure, qui se meut alors isolément, sur l'objet de gauche, l'angle des deux lunettes dans cette position sera l'angle cherché; on ne peut pas le lire, puisque les divisions sont en dessus du limbe, mais on agrafe la lunette inférieure au limbe, on désagrafe le limbe d'avec la colonne et il emporte avec lui la lunette inférieure et la lunette supérieure; on le fait pirouetter de manière à placer la lunette inférieure sur l'objet de droite et on agrafe le limbe à la colonne. Dans cette position, la lunette supérieure sera transportée à droite de l'objet de droite d'un angle égal à celui qui existe entre les deux objets. On la désagrafe pour la faire mouvoir isolément et la diriger sur l'objet de gauche; dans cette rotation, elle part du zéro pour passer par l'objet de droite et donner une fois la valeur de l'angle cherché, et en continuant de la diriger vers l'objet de gauche, elle aura parcouru le double de cet angle, on l'agrafe alors au limbe, et cette fois on pourra lire la division qui donnera le double de l'angle cherché.

En prenant cette division pour point de départ, comme on avait pris zéro dans la première opération, on pourra avoir l'angle quadruple, et ainsi de suite sextuple, etc.; mais cette opération n'offrira d'exactitude qu'après avoir réglé les lunettes avant d'opérer, comme nous en parlerons à l'article *lunettes*.

Disposition de l'instrument pour les distances zénithales.

41. Lorsqu'on veut obtenir l'angle qu'il forme, avec la verticale du lieu, le rayon visuel dirigé vers un objet, ou autrement dit la *distance zénithale* d'un objet, l'instrument est construit de manière à pouvoir placer à la fois la colonne qui supporte le limbe et le plan du limbe, exactement verticaux, en sorte qu'en faisant pirouetter le cercle autour de sa colonne, son plan conserve la situation verticale dans toutes ses révolutions.

Pour faire remplir ces conditions à l'instrument, on procède de la manière suivante :

Mettre la colonne verticale.

La lunette inférieure porte un grand niveau qui sert à mettre la colonne verticale. On place à cet effet le limbe du cercle à peu près dans la position verticale; on détache la lunette inférieure de manière à placer le niveau en dessus, et au moyen de cet appa-

reil et des trois vis qui sont au pied de la colonne, on arrive en corrigeant moitié avec les vis du pied moitié avec une vis de rappel de la lunette inférieure, après plusieurs tâtonnements, à avoir le niveau exactement dans ses repères dans deux positions en croix, ce qui indiquera que la colonne est exactement verticale. Dans ses révolutions, la colonne entraîne avec elle un cercle azimutal, situé à son pied, et un index indique ses diverses positions. Lorsque l'index aura indiqué la position en croix ci-dessus, quelles que soient ensuite les positions de l'index dans les retournements de la colonne, le grand niveau devra rester dans ses repères. Si cela n'était pas, c'est que l'opération n'aurait pas été exactement faite, ou que l'instrument aurait quelque petit défaut de construction. On corrigerait encore le niveau pour avoir la chose le plus exactement possible. Si l'on ne pouvait cependant pas arriver à une précision mathématique, la verticalité de la colonne n'étant pas d'une nécessité absolue, on s'en contenterait; mais cette opération bien faite dispense de s'en servir sans cesse ce niveau quand on observe une distance zénithale.

Mettre le limbe vertical.

42. Pour mettre le limbe avec beaucoup de soin dans une position verticale, on se sert de deux petites pinces qui s'adaptent à ce limbe, et on l'incline plus ou moins de manière à faire tomber exactement un fil à plomb dans les repères de ces pinces, lesquels repères doivent être sur une parallèle au plan du limbe. Le limbe, dans cette position verticale, porte à l'arrière un petit niveau qui doit être perpendiculaire au plan du limbe et qui se trouve par conséquent être horizontal lorsque celui-ci est vertical; pour le corriger, si cela n'était pas, il porte une vis de rappel.

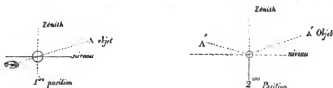
Après avoir réglé ainsi avec soin la colonne et le limbe, lorsqu'on viendra à opérer le retournement de la colonne, les deux niveaux devront être dans leurs repères. S'il y avait un petit dérangement, on le corrigerait par les vis situées au pied de la colonne en choisissant celles qui sont le plus convenables au redressement de chaque niveau.

Mesure des distances zénithales.

43. Pour mesurer une distance zénithale, l'observateur fixe à zéro la lunette supérieure et place cette lunette à sa gauche, si les divisions de l'instrument vont de droite à gauche; ce serait le contraire pour le sens opposé; il dirige ensuite le limbe vers l'objet qu'il veut pointer et le fait tourner de manière à ce qu'il entraîne avec lui la lunette, qui est à zéro, sur l'objet.

Il détache la lunette inférieure d'avec le limbe et la fixe de nouveau au limbe, de manière à mettre dans ses repères le grand niveau qu'elle supporte. Il rectifie le petit niveau par la vis du pied, et vérifie de nouveau si la lunette à zéro est bien sur l'objet, ou s'il n'est pas nécessaire de toucher encore au limbe pour l'y ramener.

Il fait alors tourner la colonne d'une demi-circonférence, en se servant de l'index du cercle azimutal comme renseignement approché, et dans ce retournement, il fait bien attention à ne pas toucher la lunette inférieure, qui est fixée au limbe de manière à servir de point de départ.



Dans la première position, la lunette supérieure et le niveau de la lunette inférieure donnaient la figure 1, et dans le retournement, elles donnent la figure 2, où la lunette supérieure est dirigée vers A', c'est-à-dire dans une position parallèle à la première et semblable, de manière cependant que l'axe de la lunette est tourné vers un point de l'horizon à 200° avec A et ayant même distance zénithale, on la détache alors du zéro où elle est toujours restée jusqu'à ce moment, pour l'amener de nouveau sur l'objet A en ayant soin de ne pas déranger le limbe; il est possible que, dans le retournement, les deux niveaux soient un peu dérangés, on les ramène dans leurs repères par les vis du pied, et après cela on met la lunette supérieure sur l'objet A, ce qui lui aura fait parcourir sur le limbe l'arc A' zénith A, double de la distance zénithale (zénith A), on fait la lecture, et, si l'on prend cette division du limbe pour départ, et qu'on opère comme dans le cas où la lunette était à zéro, on pourra quadrupler cet angle, et ainsi de suite.

Lunettes.

44. Les lunettes de l'instrument s'agrafent au limbeau moyen d'une vis de pression, et à l'agrafe est adaptée une vis de rappel, qui permet, lorsque la lunette est fixée au limbe par la vis de pression, de la ramener sur l'objet au moyen d'un mouvement doux, le même appareil existe à l'agrafe qui fixe le limbe à la lunette.

Chaque lunette porte à ses deux extrémités deux verres; le plus grand, situé vers l'objet, est l'*objectif*, le plus petit, du côté de l'observateur, est l'*oculaire*.

Régler l'oculaire.

45. Dans l'intérieur des lunettes il existe un lieu dit le *foyer* de l'objectif, où les objets doivent se peindre avec beaucoup de netteté. Cela dépend de la distance de l'oculaire à l'objectif, selon la vue de l'observateur. Il faut donc, avant d'opérer, enfoncer le tube qui porte l'oculaire ou le tirer jusqu'à ce que les objets se voient nettement.

Régler les fils. — 1^{re} Parallaxe.

Deux fils en croix, placés dans les lunettes, servent à donner le centre de l'axe optique des lunettes et à pouvoir pointer avec précision les objets. Il faut encore régler la position de ces fils dans la lunette pour qu'ils ne donnent pas lieu à une *parallaxe*, c'est-à-dire que leur image ne paraisse pas éprouver de dérangement par rapport à l'objet qu'on fixe lorsqu'on regarde par les différents points de l'ouverture de l'oculaire. On y parvient en faisant mouvoir en avant ou en arrière, et parallèlement à elle-même, la pièce qui entraîne l'objectif, de manière à ramener le foyer à l'endroit même des fils

supposés fixes. Au contraire, quand ces fils sont mobiles dans le sens de la longueur de la lunette, on les rapproche ou on les éloigne de l'objectif jusqu'à ce qu'il n'existe plus de parallaxe.

Régler les fils. — 2^e Axe optique.

46. Avant de procéder à la mesure des angles, il est essentiel de s'assurer si les axes optiques des lunettes sont parallèles au plan du limbe ; on y parvient au moyen d'une lunette d'épreuve. Cette lunette, qui n'a qu'un fil, traverse deux plaques carrées parfaitement égales ; lorsqu'elle est posée sur le limbe et disposée horizontalement, on examine à quelle ligne distincte d'un objet très éloigné répond son fil horizontal. Si son fil est bien réglé, en la renversant sens dessus dessous sur ses plaques opposées, le fil devra encore passer par la même ligne ; si cela n'a pas lieu, on rectifie le fil au moyen d'un tourne-vis, en faisant tourner la tête de vis qui fait monter ou descendre le fil de l'avant ; par le tâtonnement, on arrive à avoir l'axe optique de cette lunette parfaitement parallèle au plan du limbe.

Cette lunette d'épreuve étant bien réglée, on amène les deux lunettes supérieure et inférieure du limbe sur le même objet et on rectifie leurs réticules avec une vis disposée à cet effet jusqu'à ce que les trois axes des trois lunettes se trouvent correspondre au même objet, alors ces trois axes sont exactement parallèles au plan du limbe.

47. On peut se passer de la lunette d'épreuve en disposant l'instrument comme pour prendre une distance zénithale. Lorsque le plan du limbe et la colonne sont dans la position verticale, on amène la lunette supérieure sur un objet éloigné, on fait faire à l'instrument exactement une révolution entière, puis on ramène la lunette sur l'objet ; si l'intersection des fils du réticule s'est écartée du premier point de mire dans le sens horizontal, il est évident que cela tient à ce que l'axe optique n'était pas parallèle au plan du limbe, alors on corrige l'erreur par moitié avec la vis du cercle azimutal et la vis qui ramène les fils, et par tâtonnement, on arrive à l'identité dans les retournements. La lunette supérieure étant corrigée, elle sert alors de lunette d'épreuve pour corriger la lunette inférieure ; mais ce procédé n'est pas aussi exact que celui de la lunette d'épreuve, à cause des retournements de l'instrument qui supposent une grande perfection de construction.

48. *Distance zénithale prise d'un seul côté.* — Il est quelquefois impossible de mesurer les distances zénithales par le retournement, on se place alors dans la position la plus favorable et on mesure la distance zénithale d'un seul côté, de la manière suivante :

Le cercle étant exactement dans la position verticale, on dirige la lunette supérieure mise à zéro sur un objet très éloigné ; on y amène aussi la lunette inférieure afin de rendre les deux axes optiques parallèles. Cela fait, et sans détacher la lunette inférieure du limbe, on cale son niveau au moyen de la vis du limbe et on rend libre la lunette supérieure pour pointer l'objet dont on veut avoir la distance zénithale, on la fixe dans cette position au limbe, et l'arc qu'elle aura parcouru sera l'angle de dépression cherché ; pour doubler cet angle, on refait l'opération comme si la lunette supérieure était fixée à zéro ; en continuant ainsi de suite, on pourra tripler, quadrupler, etc., l'angle désiré ; mais il sera affecté de l'erreur occasionnée par le défaut de parallélisme entre

l'axe optique de la lunette inférieure et de l'axe de son niveau, qui est dépourvu de moyens de vérification. Cette erreur se nomme *erreur de collimation*. Pour la connaître une fois pour toutes, il faudra observer dans une localité plus commode la distance zénithale d'un objet par les deux procédés du retournement et sans le retournement; alors la différence en plus ou en moins des deux observations donnera l'erreur de collimation qu'on insérera à part avec son signe.

Usage du théodolite.

49. Le théodolite est l'instrument adopté au dépôt de la guerre pour les opérations géodésiques du second ordre; il sert à prendre les angles entre deux objets, ramenés à l'horizon du lieu d'observation, et les distances zénithales.

Il est composé de deux limbes concentriques : l'un extérieur portant la division, l'autre intérieur portant les quatre verniers. Ces deux limbes peuvent se mouvoir ensemble ou séparément; ils sont supportés par deux axes concentriques et coniques, perpendiculaires à leur plan.

L'axe du limbe intérieur est plein, l'autre est creux. L'axe extérieur porte un autre axe qui lui est perpendiculaire et qui repose sur deux collets portés par la colonne ou le pied de l'instrument. C'est autour de cet axe que se fait le mouvement qui sert à placer le limbe horizontalement ou verticalement. On arrête ce mouvement au moyen d'une vis pressant sur un quart de cercle vertical, fixé au limbe; la vis tient à la colonne. Cette colonne est composée de deux axes concentriques et coniques servant à faire tourner tout l'instrument sans déranger les pieds; et, si le plan du limbe est vertical, à le placer dans le plan de l'azimut cherché, la division d'un cercle au pied de la colonne en facilite la recherche. Tout l'instrument est porté par trois vis qui servent à élever ou à abaisser le limbe et incliner la colonne. Tous ces mouvements s'arrêtent au moyen de pinceaux ayant une vis supportée par un boulet, et servant à produire un mouvement lent et doux.

Lunettes.

50. Il existe deux lunettes, l'une supérieure servant à pointer les objets entre lesquels on veut avoir l'angle et l'autre inférieure, attachée à la colonne et servant à indiquer les dérangements que peut éprouver l'instrument par le moyen du limbe intérieur. Ces deux lunettes ont deux fils en croix à leurs foyers. La lunette supérieure est portée par un axe perpendiculaire à sa direction et posant sur deux collets dépendant du limbe intérieur. Elle peut ainsi se mouvoir perpendiculairement à cet axe et décrire un plan vertical, lorsque l'axe est horizontal.

Pour les distances zénithales, on arrête ce mouvement. La deuxième lunette a aussi un mouvement horizontal et vertical, mais sans vis de rappel.

Le limbe extérieur est divisé comme celui du cercle répétiteur, ainsi nous n'en dirons rien ici en renvoyant à ce que nous avons décrit, articles 34, 35, 36 et 37.

Régler l'instrument.

51. Pour prendre les angles horizontaux, on place le limbe à peu près horizontal au moyen des vis du pied, on tire l'oculaire des lunettes de manière à voir les fils bien

nets, puis ensuite on tire les fils et l'oculaire ensemble de manière à voir clairement les objets.

On cherche un objet très visible, sur lequel on dirige la lunette inférieure et qui doit servir de repère; on sert fortement la vis du pied; le limbe n'étant pas parfaitement horizontal, il faut le régler exactement. Pour cela, on se sert d'un niveau mobile, fait de manière à pouvoir se placer sur l'axe de rotation de la lunette. Ce niveau a d'abord besoin d'être vérifié lui-même; c'est-à-dire qu'il faut s'assurer si son axe est parallèle à la ligne déterminée par les supports de ce niveau.

Régler le niveau.

Pour cela, on le place sur l'axe de rotation de la lunette et on le met horizontal au moyen des vis du pied; si la ligne des supports ou l'axe de rotation de la lunette est parallèle à l'axe du niveau, c'est-à-dire est horizontale, en enlevant ce niveau et le retournant bout pour bout, le niveau dans cette nouvelle position doit encore être horizontal, s'il ne l'est pas, c'est que ses pieds ne sont pas égaux entre eux. On corrige cette différence au moyen d'une vis attachée à une extrémité du niveau et à son pied. Si, au moyen de cette vis, on ramenait le niveau horizontal, on sent qu'en retournant de nouveau, on retrouverait précisément la même erreur qu'avant, mais en sens inverse; il faut donc faire seulement la moitié de la différence avec cette vis et l'autre moitié avec celle du pied; si l'on avait corrigé l'erreur exactement de moitié, on trouverait que le niveau est réglé, mais comme cela n'a pas toujours lieu, on procède par tâtonnement.

Mettre le limbe horizontal.

Le niveau ainsi réglé, il faut mettre le limbe bien horizontal; pour cela, le niveau étant horizontal sur l'axe de rotation de la lunette, le limbe extérieur étant fixe et le vernier correspondant à une division qu'on lit, on fait décrire 200° au vernier; si dans cette nouvelle position, le niveau se déplace, cela indique que les collets ne posent pas sur un plan horizontal, ou plutôt qu'ils ne sont pas de même hauteur: on corrige cette différence, au moyen d'une vis attachée à l'un des collets; on fait la correction moitié avec cette vis et moitié avec la vis du pied, et l'on procède par tâtonnements jusqu'à ce que dans les deux positions susmentionnées le niveau reste horizontal. On met ensuite le vernier à 100° des deux positions précédentes, on ramène le niveau avec la vis du pied qui est la plus directe, on ramène le vernier au point de départ pour s'assurer que l'horizontalité n'a pas été dérangée dans ce sens, après quelques tâtonnements, le niveau reste fixe dans les trois positions: si l'instrument est bien fait et que le niveau soit bien réglé, il doit rester encore horizontal à 300° du départ; il est donc bien placé et doit l'être encore dans toute situation du vernier. Cela n'a pas toujours lieu, c'est la faute de l'instrument; mais une différence de quelques divisions dans le niveau est de peu d'importance.

Régler l'axe optique de la lunette à l'intersection des fils.

Le limbe étant horizontal, il faut vérifier si l'axe optique de la lunette à l'intersec-

tion des fils est perpendiculaire à l'axe de rotation de cette lunette, de manière à décrire un plan vertical dans le mouvement de la lunette; cela se fait en plaçant l'intersection des fils sur un objet bien visible; serrant les vis des limbes, en levant la lunette de dessus ses collets et retournant l'axe en sens inverse; si l'intersection des fils ne donne plus sur le même objet, cela prouve que l'axe optique à l'intersection des fils ne fait pas un angle droit avec celui de rotation. On corrige cette erreur en faisant moitié de la correction avec la vis des réticules, moitié avec une vis de l'un des limbes, et comme ci-dessus, en tâtonnant jusqu'à ce que, dans le retournement, l'intersection des fils donne sur le même point.

Régler les fils.

Si l'on pointait toujours à l'intersection des fils, peu importerait leur direction; mais, comme on se sert généralement pour pointer de tout le fil vertical, il faut que ce fil soit exactement vertical. Cela se vérifie en le mettant sur un objet bien visible et faisant décrire à la lunette un plan vertical. Si le fil reste exactement sur l'objet dans toute sa longueur, il est vertical: si l'objet sort de dessous le fil, on desserre la vis qui arrête le mouvement des fils et on tourne la pince qui les porte, de manière à redresser le fil, en vérifiant si l'objet reste alors exactement dessous. Le fil horizontal ne sert pour le moment qu'à indiquer le centre approché de la lunette.

Quand toutes ces vérifications sont faites, l'instrument est réglé pour prendre les angles horizontaux.

Observation des angles horizontaux.

52. Nous supposons que la division du limbe est de gauche à droite; l'instrument étant parfaitement réglé, on met le vernier à zéro, dans le premier ordre seulement, on lit les autres alidades (38); on desserre la vis du limbe extérieur; on fait mouvoir les deux limbes ensemble, de manière à amener la lunette supérieure sur l'objet de droite; on arrête le mouvement au moyen de la pince inférieure; on examine si la lunette inférieure est placée sur le point de repère. Si elle n'y était pas, on la placerait au moyen de la vis du cercle azimutal; puis après, on pointe exactement la lunette supérieure sur l'objet de droite avec la vis inférieure: on desserre la vis supérieure; on fait marcher la lunette supérieure et le limbe intérieur de manière à amener cette lunette sur l'objet de gauche; on examine si dans ce mouvement la lunette inférieure n'a pas bougé. Si elle est dérangée, on la ramène avec la vis du cercle azimutal; puis après on pointe exactement la lunette supérieure sur l'objet de gauche, au moyen de la vis supérieure; on voit alors que le vernier a dû décrire dans ce mouvement, l'angle entre les deux objets, réduit à l'horizon. On lit donc, et l'on a une fois l'angle; alors, on desserre la vis inférieure; on fait mouvoir les deux limbes jusqu'à ce que la lunette soit revenue sur l'objet de droite; on serre fortement la vis inférieure; on pointe au moyen de cette vis; on desserre la vis supérieure; on ramène la lunette sur l'objet de gauche; on serre légèrement la vis supérieure et on pointe exactement avec cette vis. On a obtenu ainsi deux fois l'angle, en ayant toujours soin, à chaque pointé, de vérifier la lunette inférieure. Dans les instruments actuels, surtout quand ils sont neufs, il y a rarement du

dérangement ; aussi, quand on est sûr de son instrument, se dispense-t-on de voir chaque fois la lunette inférieure dans la mesure des angles peu importants, et l'observation devient plus rapide. On lit ordinairement les observations de deux en deux.

Après avoir expliqué comment on obtient les angles simples et doubles, on conçoit qu'en répétant convenablement, on obtient de même les angles quadruples, sextuples, etc.

Quand la division de l'instrument marche en sens inverse, on commence par observer l'objet de gauche, puis après, l'objet de droite ; de sorte que le vernier marche dans le sens de la division. Pour la triangulation du premier ordre, on prend jusqu'à 20 fois l'angle et encore plusieurs séries du même angle à des heures et des jours différents. Dans le deuxième ordre, on prend une série de 10 répétitions ; et quand l'angle est important, que le triangle sert à cheminer, on prend deux séries et même davantage, si elles ne s'accordent pas ; pour le troisième ordre, on ne répète que six fois l'angle.

Distances zénithales.

53. Pour prendre les distances zénithales, on ôte le niveau mobile qu'on laisse ordinairement sur la lunette pendant les observations des angles horizontaux. On met la lunette supérieure à peu près parallèle au limbe et on arrête son mouvement par divers procédés variant dans chaque instrument, et on serre les vis des tourillons de manière à rendre la lunette fixée au limbe. On desserre dessous ce dernier une vis qui tient le limbe horizontal, et on l'amène doucement dans le plan vertical ; on desserre la vis du cercle azimutal, la colonne se trouve à peu près verticale ; on la règle définitivement au moyen d'un niveau fixe faisant partie de cette colonne. Dans les nouveaux instruments, on place un contre-poids du côté du niveau pour équilibrer le poids du limbe qui tend à entraîner l'instrument.

Régler l'instrument.

54. Pour régler la colonne au moyen du niveau fixe, il faut d'abord que l'axe de la colonne et l'axe du niveau soient à angle droit ; pour s'en assurer, on met le niveau horizontal avec la vis du pied ; on lit la division du cercle azimutal ; on fait décrire 200° à l'instrument, le niveau se trouve dans une position parallèle à la première ; s'il est resté dans ses mêmes repères, c'est que l'angle de la colonne et du niveau est droit. S'il y a un dérangement dans la bulle du niveau, on corrige l'erreur, moitié avec la vis attachée à l'une des extrémités du niveau, moitié avec celle du pied. On recommence l'opération, et, par tâtonnement, on arrive à avoir le niveau horizontal dans les deux positions à 200° ; alors, il est à angle droit avec l'axe de la colonne, et l'axe de la colonne est vertical, dans le plan vertical passant par ces deux divisions. Faisant ensuite décrire 100° à l'instrument sur le cercle azimutal, et mettant le niveau horizontal avec la vis la plus directe du pied et revenant à la première position pour vérifier si ce mouvement n'a pas dérangé le niveau dans cette position, on parvient, après quelques tâtonnements, à mettre le niveau horizontal dans deux directions perpendiculaires ; la colonne est donc verticale dans les deux sens ; donc, elle l'est tout à fait.

Il arrive quelquefois que le niveau étant horizontal dans trois positions à 100° ne l'est plus dans la quatrième centaine; cela tient probablement au support qui éprouve une légère flexion lorsque le poids de l'instrument change de position, ce qui oblige, dans le cours des opérations, à caler chaque fois les niveaux d'une plus ou moins grande quantité et retarde l'opération. Il est donc bien essentiel de veiller, avant l'installation, à ce que les supports soient bien solides.

Verticalité du limbe.

55. La colonne étant verticale, il ne s'ensuit pas que le plan du limbe le soit; on le règle au moyen d'un fil à plomb, de la manière suivante: on place sur deux points opposés du limbe des pincettes portant des lignes de repère; on vérifie avant si les distances des points de contact avec le limbe et les points de repère sont égales dans chaque pince, puis après on vérifie la verticalité des points de repère et, par conséquent du limbe, au moyen du fil à plomb; s'il n'y était pas, on le place avec une vis sur laquelle porte le petit cercle qui est dessous le limbe et qui lui est perpendiculaire. Quand le limbe est vertical, on place horizontalement un petit niveau qui lui est perpendiculaire et qui sert à vérifier les dérangements de verticalité du limbe, et sert ensuite à le mettre vertical sans se servir des pincettes et du fil à plomb.

Rendre la lunette parallèle au limbe.

56. Le limbe étant vertical, il faut rendre la lunette parallèle au limbe; cela se fait en plaçant la lunette sur un objet, arrêtant les vis des limbes, lisant la division azimutale et tournant tout l'instrument de 200°, le limbe se trouve alors dans une position parallèle à la première; si la lunette lui est parallèle, elle doit porter encore sur le même objet, à la différence de la distance comprise entre les deux positions de la lunette, quantité presque nulle, eu égard à la distance de l'objet pointé. Si la lunette ne donne plus sur le même objet, on corrige la différence, moitié avec la vis du cercle azimutal, et moitié avec la vis qui sert à arrêter le mouvement de la lunette, et par tâtonnement, on finit par tomber avec la lunette sur le même objet dans les deux retournements. La précision du parallélisme de l'axe de la lunette avec le plan du limbe est de peu d'importance, elle affecte peu les résultats, aussi se contente-t-on souvent, pour obtenir ce parallélisme, de mettre à vue le plan du limbe sur un objet, et de fixer alors la lunette sur le même objet.

Observations des distances zénithales.

57. Le fil principal ayant été placé perpendiculairement au limbe dans la position horizontale, il se trouve maintenant exactement horizontal. Si d'ailleurs il n'y était pas, on le réglerait d'après le même moyen que dans la position horizontale (51).

L'instrument étant ainsi réglé, est propre à prendre les distances zénithales. Pour faire l'opération, on place le vernier exactement à zéro, on desserre la vis du limbe extérieur, on place le plan du limbe dans l'azimut de l'objet et la lunette sur l'objet. Le limbe étant à droite de l'instrument, lorsque la division va de gauche à droite, et à gauche dans le cas contraire. On serre fortement la vis du limbe extérieur et on

pointe exactement, au moyen de cette vis, après avoir examiné si le niveau n'est pas dérangé. On tourne ensuite tout l'instrument à 200° , on voit si le niveau n'est plus dans ses repères, auquel cas on le ramène au moyen de la vis du pied la plus directe. Alors le limbe se trouve dans une position parallèle à la première et semblable, de manière cependant que l'axe de la lunette est tourné vers un point de l'horizon à 200° du premier et ayant même distance zénithale; si donc on desserre la vis du limbe intérieur, et si l'on ramène cette lunette sur le premier objet en passant par le zénith, elle décrira deux fois la distance zénithale cherchée. En ramenant l'instrument à la première position et recommençant l'observation, on aura quatre fois, six fois, etc., la distance zénithale cherchée. On prend ces angles dix fois pour le premier ordre et plusieurs séries à des jours et des heures différents et, au deuxième ordre, on se contente de six répétitions et quelquefois quatre pour le troisième ordre.

Distances zénithales prises d'un seul côté.

58. Lorsque dans un édifice, l'ouverture par où l'on observe n'est pas assez grande pour pouvoir placer le limbe dans les deux positions à 200° , on peut encore avoir les distances zénithales d'un seul côté. Il y a, pour ce cas, un niveau fixe établi sur la lunette, on détermine à une station différente de combien il s'en faut que l'axe du niveau soit parallèle à l'axe optique de la lunette. Cela se fait en prenant la différence de niveau d'un point par les deux procédés et voyant la différence entre les deux résultats, cette différence est l'erreur de *collimation*; cette erreur étant connue, on met le vernier à zéro; on place horizontalement le niveau de la lunette au moyen de la vis du cercle extérieur, on serre fortement cette vis, on desserre celle du limbe intérieur et on pointe sur le sommet de l'objet; le vernier décrit, comme on le voit, le complément de la distance zénithale. On peut recommencer l'observation et avoir ainsi deux, trois et quatre fois ce complément, par suite, la distance zénithale que l'on corrige de l'erreur de collimation. Je suppose que la division marche de gauche à droite en commençant par le bas, et qu'alors on met le limbe à droite de l'instrument; dans le cas contraire, on mettrait le limbe à gauche, ou bien si on le laissait à droite, il faudrait commencer par pointer, puis ensuite ramener le niveau horizontal.

Atmosphère sur les distances zénithales.

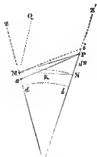
59. Il ne faut pas prendre les distances zénithales ni trop tard, ni trop matin, ni par un temps de pluie, à cause des ondulations et des réfractions.

CHAPITRE IV.

NIVELLEMENT GÉODÉSIQUE.

Points de niveau.

60. Deux points sont de niveau, quand ils sont situés sur une même surface concentrique au globe terrestre.



C étant le centre de la terre, M et N étant deux points situés sur une même courbe concentrique à db qui est celle de la terre, les deux points M et N seront dits de niveau. Dans l'hypothèse de la terre sphérique, les deux rayons CZ et CZ' passant par les points M et N, seront les verticales des lieux M et N; mais, dans le cas véritable, en tenant compte de l'aplatissement de la terre, les verticales seraient deux normales au sphéroïde terrestre. Dans le calcul des différences de niveau, les points devant être visibles de l'un à l'autre, on agit à de courtes distances relativement aux dimensions du globe, et, opérant dans les deux hypothèses, on a trouvé une différence qui, dans la pratique, est bien au-dessous des erreurs qui affectent les observations. On opère donc avec le rayon de la terre égal à la normale du lieu, ou avec le rayon moyen de la terre aux lieux d'observation, et l'on suppose la terre sphérique.

Différence de niveau par une seule observation de distance zénithale.

D'après ces conventions, M et N étant de niveau pour un point P pris sur la normale CZ' et visible de M, la distance $NP = dN$ sera la différence de niveau du point P au-dessus du point M. C'est cette différence qu'on se propose de calculer.

Les éléments du calcul sont : d'abord l'observation de la distance zénithale du point P, prise au point M, ou l'angle PMZ; mais il n'est pas toujours possible de placer le centre de l'instrument au point M.

Réduction de la distance zénithale au sommet du signal.

Supposons que l'on se soit placé au point a , situé dans l'axe du signal M et au-dessous du point P, d'une distance $aM = dH$.

La distance zénithale observée étant $ZaP = \Delta$, celle qu'on aurait dû prendre étant $ZMP = \delta$, on aura dans le triangle MaP :

$$\delta = \Delta + aPM.$$

représentons cette différence aPM par $d\Delta$, on aura :

$$\delta = \Delta + d\Delta.$$

Cette différence $d\Delta$, peut se calculer en fonction des côtés dH et aP , qui sont connus, le premier par l'observation directe, le second pour le calcul des triangles géodésiques ; à la vérité, ces triangles donnent la corde K de l'angle C pour une sphère dont le rayon est la distance de l'horizon de la mer au centre de la terre, et cette corde est plus courte que MN et aP , mais il est suffisant d'employer K donné par ces triangles, en faisant abstraction de la différence de l'arc à la corde. Supposons donc $aP = K$, le triangle aMP donne :

$$\sin. d\Delta = \frac{dH \sin. \Delta}{K}.$$

Prenant l'arc pour le sinus très petit, et, réduisant en secondes, il viendra :

$$d\Delta = \frac{dH \sin. \Delta}{K \sin. 1''}, \quad \text{d'où } \delta = \Delta + \frac{dH \sin. \Delta}{K \sin. 1''}.$$

Si l'on ne pouvait pas se placer sur la verticale même du signal, comme en général on peut s'en écarter très peu, le calcul se fait comme précédemment. Si on tenait cependant à une rigoureuse précision, et que la distance fût grande, il faudrait en tenir compte. (Voir *Géodésie* de M. Francœur, art. 262.)

Cette opération faite à Δ , se nomme *réduction au sommet du signal*, et dans tout ce qui suit, nous ne nous servirons que de $\delta = \Delta + d\Delta$.

Réfraction.

La distance zénithale réduite au sommet M est encore affectée d'une erreur due à la réfraction terrestre, qui, dans les circonstances ordinaires, fait voir le point P au-dessus de sa position, en i par exemple. En désignant par r l'angle iMP qui est la différence de PMZ , qu'on aurait dû observer, à iMZ , que donne l'observation, on aura : $PMZ = \delta + r$.

Calcul de la différence de niveau.

Pour l'arc MN , nous prenons, comme nous l'avons dit, sa corde K obtenue par le calcul des triangles géodésiques avec le rayon R = la normale MC du lieu où l'on opère. Le triangle isocèle CMN nous donnera : angle $NMC = 100^\circ - \frac{1}{2}C$ et la corde $K = 2R \sin. \frac{1}{2}C$, en exprimant l'angle C en secondes, et substituant le petit arc $\frac{1}{2}C$ à son sinus, on aura :

$$K = R \sin. 1'' \dots (1).$$

Le triangle PMN donnera : $dN = K \frac{\sin. NMP}{\sin. MPN}$,

mais $NMP = 200^\circ - PMZ - NMC = 200^\circ - \delta - r - NMC$, et, comme $NMC = 100 - \frac{1}{2}C$, par suite, $NMP = 100^\circ - \delta - r + \frac{1}{2}C$,

De plus, en menant MQ parallèle à CZ' , on a $MPN = QMP = PMZ - QMZ = PMZ - C = \delta + r - C$; substituant ces valeurs dans celle de dN , on aura :

$$dN = K \frac{\cos.(\delta + r - \frac{1}{2}C)}{\sin.(\delta + r - C)}. \quad (2).$$

Comme l'équation (1) donne C en secondes au moyen de K , il ne restera plus pour connaître dN , que de calculer la réfraction r .

(R') En faisant R égal au rayon terrestre $= 6366198^{\text{m}}$; on aura :

$$\log. \frac{1}{R \sin. 1''} = 2,5105449.$$

Calcul de la différence de niveau par des distances zénithales réciproques et simultanées; calcul de la réfraction.

61. La connaissance de r devient donc une question importante. Or, M. Biot a prouvé que, lorsqu'on fait des observations réciproques et simultanées de distances zénithales en deux points, la réfraction r était sensiblement la même pour les deux stations, c'est-à-dire que la trajectoire de la lumière est la même courbe pour chacune; et cette remarque va nous donner le moyen de calculer r . En effet, supposons qu'un observateur placé en P pointe le point M , pendant que celui en M pointe P , la distance zénithale apparente obtenue par celui qui pointe P étant δ' , sa distance zénithale vraie sera $\delta' + r$; on aura donc :

$$MPZ' + PMZ = \delta + \delta' + 2r.$$

Mais les deux angles extérieurs au triangle MPC donnent :

$$MPZ' = PMC + C, \quad \text{et} \quad PMZ = MPC + C;$$

donc on aura : $MPZ' + PMZ = PMC + MPC + 2C = 200^\circ + C = \delta + \delta' + 2r$.

Tirant la valeur de r de cette équation, on aura :

$$r = \frac{1}{2}C - \frac{1}{2}(\delta + \delta' - 200^\circ). \quad (3).$$

Mettant cette valeur de r dans l'équation (2), on aura :

$$dN = K \frac{\sin. \frac{1}{2}(\delta' - \delta)}{\cos. \frac{1}{2}(\delta' - \delta + C)}. \quad (4).$$

Ainsi, lorsqu'on aura fait des observations de distances zénithales, simultanées et réciproques en deux points, on aura la valeur de dN par l'équation (4) dégagée de l'effet de la réfraction, et en même temps, par l'équation (3), on pourra calculer r pour cette localité.

Les observations simultanées entravant beaucoup le travail, on est dans l'usage de ne faire que des observations réciproques à des jours différents, mais à des heures correspondantes, ce qui amène des résultats assez bons.

62. Lorsqu'on fait des opérations du second ordre, on calcule rarement la réfraction et on se sert des résultats donnés par le premier ordre, en employant la formule (2) avec la remarque suivante :

Par une suite d'observations très-soignées, on est parvenu à trouver diverses valeurs de r correspondant chacune à un angle bien connu C , et en divisant ces valeurs par les angles C qui leur appartiennent, on a remarqué que les quotients diffèrent peu de 0,08 ; ainsi, dans les circonstances atmosphériques ordinaires, si l'on n'a pu obtenir de distances zénithales réciproques, on pourra poser approximativement $r = 0,08. C$.

Mais ce facteur 0,08, qu'on nomme coefficient de la réfraction, n'est pas partout le même ; les variations qu'éprouve l'atmosphère dans ses diverses couches changent notablement la réfraction : en sorte qu'on aura généralement $r = nC$, n étant un coefficient qui convient aux circonstances atmosphériques où l'on opère.

63. *Nota.* La valeur de dN obtenue par les deux formules (2) et (3) dépend de la résolution du triangle rectiligne PMN, qu'on nomme *hypsométrique*, dans lequel K représente la corde MN. Pour appliquer ces formules aux cas particuliers, il faut supposer que cette corde K est égale à l'arc db qui est le côté géodésique du triangle projeté sur le sphéroïde du niveau des mers composant le réseau, puisque les côtés de ces triangles ont été calculés réduits à ce niveau. Il est certain que cette supposition n'altère pas sensiblement la valeur de dN , qui se trouve être une petite quantité par rapport aux dimensions du globe ; et si K pris pour db n'a pas d'influence sur dN , cela tient au peu d'élevation des sommets au-dessus du niveau de la mer. Mais en haute géodésie, lorsque les points sont élevés de beaucoup au-dessus de ce niveau, on doit en tenir compte, et c'est ce que nous avons fait dans nos opérations sur la grande chaîne des Pyrénées.

(Voir PUISSANT, *Supplément au traité de Géodésie*, pag. 9.)

Formule usitée au 2^e ordre pour le calcul des différences de niveau, le coefficient de la réfraction étant connu.

64. Au second ordre, on se sert du coefficient de la réfraction $r = nC = \frac{nK}{R}$ donné par le 1^{er} ordre, alors on emploie la formule (2) $dN = K \frac{\cos.(\Delta + r - \frac{1}{2}C)}{\sin.(\Delta + r - C)}$ pour calculer les différences de niveau.

On est dans l'usage aussi d'introduire dans ce calcul la différence de hauteur de l'instrument par rapport au sommet des signaux, comme nous l'expliquerons, ce qui dispense de réduire les distances zénithales à ces sommets, en sorte qu'on emploie directement la distance zénithale Δ observée, et la formule devient :

$$dN = K \frac{\cos.(\Delta + r - \frac{1}{2}C)}{\sin.(\Delta + r - C)}.$$

L'angle C étant en général assez petit pour qu'on ne change pas la valeur de dN en remplaçant C par $\frac{1}{2}C$, dans le dénominateur, attendu que l'arc $\Delta + r - \frac{1}{2}C$ étant peu différent de 100° , son sinus varie à peine pour un petit changement de l'arc, on aura à peu de chose près :

$$dN = K \cot.(\Delta + r - \frac{1}{2}C);$$

Développant le second membre et négligeant les termes infiniment petits (Voir PUISSANT, t. I, p. 354), et mettant pour r sa valeur $r = \frac{nK}{R}$, on arrive à :

$$dN = K \cot. \Delta + \frac{K^2}{2R} - \frac{nK^2}{R},$$

qui met à découvert le facteur $\frac{K^2}{2R}$ relatif à la sphéricité de la terre, et le facteur $\frac{nK^2}{R}$ dépendant de la réfraction.

Formule des différences de niveau, obtenue à priori.

65. Cette formule peut s'obtenir à priori, et de cette manière on se convaincra de ce qu'on néglige :



En effet, on observe au point M la distance zénithale Δ du signal A, et la réfraction étant toujours $r = nC = \frac{nK}{R} = \text{angle } dMA$, le point A sera élevé par cet effet et vu en d .

Menant au point M la tangente Mb à la terre, elle rencontrera la verticale du signal A, en b .

La différence de niveau de A avec M est AB, ou

$$dN = db + bB - dA.$$

Calculons chacun de ces éléments d'une manière suffisamment approchée, en regardant chaque petit triangle dMb , bMB , dMA , comme sensiblement rectangle, et prenons toujours K, ligne géodésique MB, pour leurs bases Mb, MA et MB;

1^o Le triangle dMb donnera sensiblement

$$db = K \cot. \Delta;$$

2^o Le triangle bMB donnera aussi, sensiblement

$$bB = K \tan. bMB;$$

Or, bMB formé par la tangente Mb et la corde MB a pour mesure la moitié de l'arc MB, ainsi $\text{angle } bMB = \frac{K}{2R}$, donc :

$$bB = K \tan. \frac{K}{2R}, \text{ et enfin } bB = \frac{K^2}{2R}, \text{ en prenant le petit arc pour sa tangente;}$$

3^o Le triangle dMA donnera encore sensiblement :

$$dA = K \tan. dMA = K \tan. r = K \tan. \frac{nK}{R} = \frac{nK^2}{R}, \text{ en prenant encore le petit arc pour sa tangente.}$$

Reportant ces éléments dans la valeur de dN , on aura donc définitivement :

$$dN = db + bB - dA = K \cot. \Delta + \frac{K^2}{2R} - \frac{nK^2}{R}.$$

Dans cette formule, on représente $\frac{1-n}{R}$ par q , et la formule devient :

$$dN = K \cot. \Delta + qK^2 (5)$$

La valeur moyenne de n étant $n = 0,08$, on a $\text{Log. } q = \text{log. } \frac{1}{R} (\frac{1}{2} - n) = 2,81869.$

La formule (5) est celle qu'on emploie à la géodésie du second ordre et à la topographie pour le calcul des cotes de niveau. Elle sert à deux fins : 1° à calculer le point observé, quand on connaît la hauteur absolue de celui où l'on observe; 2° à calculer celui d'où l'on observe, quand on connaît la hauteur absolue de celui observé.

Règle des signes pour les différents cas de la formule des différences de niveau.

66. Nous avons dit que Δ était la distance zénithale obtenue par l'observation. A la géodésie, on désigne par dH ou $-dH$ la distance du centre de l'instrument sur la verticale du signal où l'on observe; cette distance dH se mesure directement ou trigonométriquement, mais on prend dH ou $+dH$ quand l'instrument est au-dessous du sommet du signal, et $-dH$ quand l'instrument est au-dessus du sommet de ce signal. Cela posé, en désignant par H et H' les hauteurs des points observés, il est évident que, suivant qu'on aura opéré au point H , pris pour départ, ou au point H' , point à trouver, les valeurs de $\cot. \Delta$ et de dH devront satisfaire aux vérifications suivantes :

$$H' = H + (\cot. \Delta + q K^2 - dH)$$

$$H = H' - (\cot. \Delta + q K^2 - dH)$$

On concevra, d'après cela, les indications de signes annexées au tableau ci-après, avec des exemples numériques, tirés de ma feuille de Quimper (carte de France).

(Voir le tableau ci-contre.)

CALCUL DES DIFFÉRENCES DE NIVEAU DES POINTS SECONDAIRES.

NOMS ET NUMÉROS DES OUVRS.	ÉLÉMENTS du CALCUL.	DIFFÉRENCES DE NIVEAU.				HAUTEURS ABSOLUES	
		$d N_2 = K \text{ est. } \Delta + q K^2. \quad \text{Log } q = 2,81869.$				DES POINTS DE MÈRE.	DES SOLS.
Ploëze. Clocher du 1 ^{er} ordre.	$\Delta \dots = 99,1667$ $d H = 12,95$ $d T = \dots$	$\text{Log } K \dots = 3,96455$ $L. \text{ est. } \Delta = 8,41664$ $\text{Log. } 1^{\text{re}} t = 2,07849$	$2 \text{ Log } K = 7,92310$ $\text{Log. } q \dots = 2,81869$ $\text{Log. } 2^{\text{e}} t = 0,74479$	$1^{\text{re}} t = -449,73$ $2^{\text{e}} t = -5,52$ $d N_2 = -425,25$ $d H = -12,95$	$d N = -442,3$ $N = 250,7$	$N = 181,4$ $N = 181,4$	$N = 181,4$
La Motte. Signal du 2 ^e ordre.	$\Delta' \dots = \dots$ $d H' = \dots$ $d T' = \dots$	$\text{Log } K \dots = 3,96455$ $L. \text{ est. } \Delta = 8,09596$ $\text{Log. } 1^{\text{re}} t = 2,05754$	$2 \text{ Log } K = \dots$ $\text{Log. } q \dots = 2,81869$ $\text{Log. } 2^{\text{e}} t = \dots$	$1^{\text{re}} t = -444,46$ $2^{\text{e}} t = -5,52$ $d N_2 = -108,64$ $d H = -2,48$	$d N = -444,4$ $N = 292,5$	$N = 181,4$ $N = 292,5$	$N = 181,4$
Ploëze. 1 exemple.	$\Delta \dots = 100,7940$ $d H = 2,58$ $d T = \dots$	$\text{Log } K \dots = 4,33734$ $L. \text{ est. } \Delta = 6,84933$ $\text{Log. } 1^{\text{re}} t = 1,48667$	$2 \text{ Log } K = \dots$ $\text{Log. } q \dots = 2,81869$ $\text{Log. } 2^{\text{e}} t = \dots$	$1^{\text{re}} t = -45,61$ $2^{\text{e}} t = -31,02$ $d N_2 = -15,65$ $d H = -1,10$	$d N = -46,75$ $N = 128,5$	$N = 181,4$ $N = 128,5$	$N = 181,4$
La Motte.	$\Delta' \dots = 100,7940$ $d H' = 2,58$ $d T' = \dots$	$\text{Log } K \dots = 4,33734$ $L. \text{ est. } \Delta = 6,84933$ $\text{Log. } 1^{\text{re}} t = 1,48667$	$2 \text{ Log } K = \dots$ $\text{Log. } q \dots = 2,81869$ $\text{Log. } 2^{\text{e}} t = \dots$	$1^{\text{re}} t = -45,61$ $2^{\text{e}} t = -31,02$ $d N_2 = -15,65$ $d H = -1,10$	$d N = -46,75$ $N = 128,5$	$N = 181,4$ $N = 128,5$	$N = 181,4$
Crozon. Tour du 1 ^{er} ordre	$\Delta \dots = 100,0150$ $d H = 1,40$ $d T = \dots$	$\text{Log } K \dots = 4,33734$ $L. \text{ est. } \Delta = 6,84933$ $\text{Log. } 1^{\text{re}} t = 1,48667$	$2 \text{ Log } K = \dots$ $\text{Log. } q \dots = 2,81869$ $\text{Log. } 2^{\text{e}} t = \dots$	$1^{\text{re}} t = -45,61$ $2^{\text{e}} t = -31,02$ $d N_2 = -15,65$ $d H = -1,10$	$d N = -46,75$ $N = 128,5$	$N = 181,4$ $N = 128,5$	$N = 181,4$
2 exemple.	$\Delta' \dots = \dots$ $d H' = \dots$ $d T' = \dots$	$\text{Log } K \dots = 4,33734$ $L. \text{ est. } \Delta = 6,84933$ $\text{Log. } 1^{\text{re}} t = 1,48667$	$2 \text{ Log } K = \dots$ $\text{Log. } q \dots = 2,81869$ $\text{Log. } 2^{\text{e}} t = \dots$	$1^{\text{re}} t = -45,61$ $2^{\text{e}} t = -31,02$ $d N_2 = -15,65$ $d H = -1,10$	$d N = -46,75$ $N = 128,5$	$N = 181,4$ $N = 128,5$	$N = 181,4$
Ploëze. Clocher du 2 ^e ordre.	$\Delta \dots = 100,0150$ $d H = 1,40$ $d T = \dots$	$\text{Log } K \dots = 4,33734$ $L. \text{ est. } \Delta = 6,84933$ $\text{Log. } 1^{\text{re}} t = 1,48667$	$2 \text{ Log } K = \dots$ $\text{Log. } q \dots = 2,81869$ $\text{Log. } 2^{\text{e}} t = \dots$	$1^{\text{re}} t = -45,61$ $2^{\text{e}} t = -31,02$ $d N_2 = -15,65$ $d H = -1,10$	$d N = -46,75$ $N = 128,5$	$N = 181,4$ $N = 128,5$	$N = 181,4$
Crozon.	$\Delta \dots = 100,0150$ $d H = 1,40$ $d T = \dots$	$\text{Log } K \dots = 4,33734$ $L. \text{ est. } \Delta = 6,84933$ $\text{Log. } 1^{\text{re}} t = 1,48667$	$2 \text{ Log } K = \dots$ $\text{Log. } q \dots = 2,81869$ $\text{Log. } 2^{\text{e}} t = \dots$	$1^{\text{re}} t = -45,61$ $2^{\text{e}} t = -31,02$ $d N_2 = -15,65$ $d H = -1,10$	$d N = -46,75$ $N = 128,5$	$N = 181,4$ $N = 128,5$	$N = 181,4$
2 exemple.	$\Delta' \dots = 100,0750$ $d H' = 22,80$ $d T' = \dots$	$\text{Log } K \dots = 4,33734$ $L. \text{ est. } \Delta = 7,07118$ $\text{Log. } 1^{\text{re}} t = 1,40852$	$2 \text{ Log } K = \dots$ $\text{Log. } q \dots = 2,81869$ $\text{Log. } 2^{\text{e}} t = \dots$	$1^{\text{re}} t = -25,61$ $2^{\text{e}} t = -31,02$ $d N_2 = -5,44$ $d H = -22,80$	$d N = -47,39$ $N = 128,8$	$N = 181,4$ $N = 128,8$	$N = 181,4$
Ploëze.	$\Delta \dots = 100,0750$ $d H = 22,80$ $d T = \dots$	$\text{Log } K \dots = 4,33734$ $L. \text{ est. } \Delta = 7,07118$ $\text{Log. } 1^{\text{re}} t = 1,40852$	$2 \text{ Log } K = \dots$ $\text{Log. } q \dots = 2,81869$ $\text{Log. } 2^{\text{e}} t = \dots$	$1^{\text{re}} t = -25,61$ $2^{\text{e}} t = -31,02$ $d N_2 = -5,44$ $d H = -22,80$	$d N = -47,39$ $N = 128,8$	$N = 181,4$ $N = 128,8$	$N = 181,4$
1 ^o Le point connu est subordonné à un point connu en plus, et le point cherché à la même hauteur pour correspondre avec le résultat de l'échelle.	$\Delta \dots = 100 + \text{Log. } 1^{\text{re}} \text{ terme.}$ $\Delta \dots = 100 + \text{Log. } 2^{\text{e}} \text{ terme.}$	$\text{Log } K \dots = 4,33734$ $L. \text{ est. } \Delta = 7,07118$ $\text{Log. } 1^{\text{re}} t = 1,40852$	$2 \text{ Log } K = \dots$ $\text{Log. } q \dots = 2,81869$ $\text{Log. } 2^{\text{e}} t = \dots$	$1^{\text{re}} t = -25,61$ $2^{\text{e}} t = -31,02$ $d N_2 = -5,44$ $d H = -22,80$	$d N = -47,39$ $N = 128,8$	$N = 181,4$ $N = 128,8$	$N = 181,4$
2 ^o On inscrit dans cette colonne le Δ et le $d H$ vis-à-vis le point où ils ont été pris, et du point de mesure le $d H$ vis-à-vis le point de mire, — $d H$ quand on observe au-dessus.	$\Delta \dots = 100 + \text{Log. } 1^{\text{re}} \text{ terme.}$ $\Delta \dots = 100 + \text{Log. } 2^{\text{e}} \text{ terme.}$	$\text{Log } K \dots = 4,33734$ $L. \text{ est. } \Delta = 7,07118$ $\text{Log. } 1^{\text{re}} t = 1,40852$	$2 \text{ Log } K = \dots$ $\text{Log. } q \dots = 2,81869$ $\text{Log. } 2^{\text{e}} t = \dots$	$1^{\text{re}} t = -25,61$ $2^{\text{e}} t = -31,02$ $d N_2 = -5,44$ $d H = -22,80$	$d N = -47,39$ $N = 128,8$	$N = 181,4$ $N = 128,8$	$N = 181,4$
3 ^o Le point connu est subordonné à un point connu en plus, et le point cherché à la même hauteur pour correspondre avec le résultat de l'échelle.	$\Delta \dots = 100 + \text{Log. } 1^{\text{re}} \text{ terme.}$ $\Delta \dots = 100 + \text{Log. } 2^{\text{e}} \text{ terme.}$	$\text{Log } K \dots = 4,33734$ $L. \text{ est. } \Delta = 7,07118$ $\text{Log. } 1^{\text{re}} t = 1,40852$	$2 \text{ Log } K = \dots$ $\text{Log. } q \dots = 2,81869$ $\text{Log. } 2^{\text{e}} t = \dots$	$1^{\text{re}} t = -25,61$ $2^{\text{e}} t = -31,02$ $d N_2 = -5,44$ $d H = -22,80$	$d N = -47,39$ $N = 128,8$	$N = 181,4$ $N = 128,8$	$N = 181,4$
4 ^o 2 ^e terme toujours positif.	$\Delta \dots = 100 + \text{Log. } 1^{\text{re}} \text{ terme.}$ $\Delta \dots = 100 + \text{Log. } 2^{\text{e}} \text{ terme.}$	$\text{Log } K \dots = 4,33734$ $L. \text{ est. } \Delta = 7,07118$ $\text{Log. } 1^{\text{re}} t = 1,40852$	$2 \text{ Log } K = \dots$ $\text{Log. } q \dots = 2,81869$ $\text{Log. } 2^{\text{e}} t = \dots$	$1^{\text{re}} t = -25,61$ $2^{\text{e}} t = -31,02$ $d N_2 = -5,44$ $d H = -22,80$	$d N = -47,39$ $N = 128,8$	$N = 181,4$ $N = 128,8$	$N = 181,4$
5 ^o 2 ^e terme toujours positif.	$\Delta \dots = 100 + \text{Log. } 1^{\text{re}} \text{ terme.}$ $\Delta \dots = 100 + \text{Log. } 2^{\text{e}} \text{ terme.}$	$\text{Log } K \dots = 4,33734$ $L. \text{ est. } \Delta = 7,07118$ $\text{Log. } 1^{\text{re}} t = 1,40852$	$2 \text{ Log } K = \dots$ $\text{Log. } q \dots = 2,81869$ $\text{Log. } 2^{\text{e}} t = \dots$	$1^{\text{re}} t = -25,61$ $2^{\text{e}} t = -31,02$ $d N_2 = -5,44$ $d H = -22,80$	$d N = -47,39$ $N = 128,8$	$N = 181,4$ $N = 128,8$	$N = 181,4$
6 ^o 2 ^e terme toujours positif.	$\Delta \dots = 100 + \text{Log. } 1^{\text{re}} \text{ terme.}$ $\Delta \dots = 100 + \text{Log. } 2^{\text{e}} \text{ terme.}$	$\text{Log } K \dots = 4,33734$ $L. \text{ est. } \Delta = 7,07118$ $\text{Log. } 1^{\text{re}} t = 1,40852$	$2 \text{ Log } K = \dots$ $\text{Log. } q \dots = 2,81869$ $\text{Log. } 2^{\text{e}} t = \dots$	$1^{\text{re}} t = -25,61$ $2^{\text{e}} t = -31,02$ $d N_2 = -5,44$ $d H = -22,80$	$d N = -47,39$ $N = 128,8$	$N = 181,4$ $N = 128,8$	$N = 181,4$
7 ^o 2 ^e terme toujours positif.	$\Delta \dots = 100 + \text{Log. } 1^{\text{re}} \text{ terme.}$ $\Delta \dots = 100 + \text{Log. } 2^{\text{e}} \text{ terme.}$	$\text{Log } K \dots = 4,33734$ $L. \text{ est. } \Delta = 7,07118$ $\text{Log. } 1^{\text{re}} t = 1,40852$	$2 \text{ Log } K = \dots$ $\text{Log. } q \dots = 2,81869$ $\text{Log. } 2^{\text{e}} t = \dots$	$1^{\text{re}} t = -25,61$ $2^{\text{e}} t = -31,02$ $d N_2 = -5,44$ $d H = -22,80$	$d N = -47,39$ $N = 128,8$	$N = 181,4$ $N = 128,8$	$N = 181,4$
8 ^o 2 ^e terme toujours positif.	$\Delta \dots = 100 + \text{Log. } 1^{\text{re}} \text{ terme.}$ $\Delta \dots = 100 + \text{Log. } 2^{\text{e}} \text{ terme.}$	$\text{Log } K \dots = 4,33734$ $L. \text{ est. } \Delta = 7,07118$ $\text{Log. } 1^{\text{re}} t = 1,40852$	$2 \text{ Log } K = \dots$ $\text{Log. } q \dots = 2,81869$ $\text{Log. } 2^{\text{e}} t = \dots$	$1^{\text{re}} t = -25,61$ $2^{\text{e}} t = -31,02$ $d N_2 = -5,44$ $d H = -22,80$	$d N = -47,39$ $N = 128,8$	$N = 181,4$ $N = 128,8$	$N = 181,4$

Dans la 1^{re} case du premier calcul, Plonéis, clocher du 1^{er} ordre, situé à 181^m,4 de hauteur absolue, sert de départ. On a observé à ce clocher le sommet du signal de La Motte, l'instrument étant à $dH = 12^m,95$, au-dessous du sommet du clocher, et on a trouvé $\Delta = 99^m,1667$.

Dans la 2^e case du premier calcul, Plonéis sert encore de départ; mais, au signal de La Motte, l'instrument étant à $dH = 2^m,48$, on a observé le sommet du clocher de Plonéis et on a trouvé $\Delta = 100^m,7910$.

Dans l'exemple 2, Crozon, tour du 1^{er} ordre à 111^m,4, sert de départ, et à Crozon, 1^{re} case du calcul, on a observé le sommet de Ploaré, en plaçant l'instrument au-dessus de la tour à une hauteur — $dH = -1^m,10$, ce qui a donné $\Delta = 100^m,0450$.

Dans la 2^e case de ce second calcul, Crozon sert encore de départ; mais, à Ploaré, clocher, on a observé Crozon, l'instrument étant au-dessous du sommet de Ploaré, à $dH = 22^m,40$, et on a trouvé $\Delta = 100^m,0750$.

Le facteur qK^2 se trouve tout calculé au moyen de tables qui suivent, pag. 61, t. II; alors, dans l'exemple 2, on s'est dispensé de ce calcul et on a inscrit de suite, en face du 2^e terme, le nombre 31,02, qui, dans ces tables, correspond à la valeur $K = 21743^m$, donnée par le triangle.

Ces tables ont été calculées par M. Montalant, capitaine au corps royal d'état-major, le rayon moyen de la terre ayant été pris de 6376900^m et le coefficient de la réfraction r de la valeur moyenne de 0,08.

Dans les tableaux présentés ci-dessus, on remarque le signe dT , qui représente la hauteur de l'instrument au-dessus du sol, et on ne s'en sert à la géodésie que pour donner la hauteur des sols, mais on ne l'introduit pas dans le calcul.

Calcul des différences de niveau par l'éclimètre à la topographie. Règle des signes.

67. A la topographie, le sol servant souvent de point de mire, on fait usage de dH et de dT , et, pour éviter les méprises de signes, le colonel Puissant a rédigé l'instruction suivante, en tête des tables et des feuilles qui servent à la topographie pour calculer les cotes de niveau; c'est pourquoi nous la transcrivons ici.

« On se sert ordinairement d'un éclimètre pour prendre les distances zénithales à la topographie, et cet instrument est quelquefois susceptible d'une petite correction due à l'erreur de collimation (voir la note 65); il est essentiel, par conséquent, d'en connaître préalablement la grandeur et le signe; nous supposons ici que Δ obtenu par l'éclimètre est exact.

« La formule est, comme nous l'avons dit :

$$dE = K \cot. \Delta + qK^2$$

« qui peut s'écrire ainsi : $dE = dn + 2^e \text{ terme}$

« en faisant $K \cot. \Delta = dn$; ce terme est donné par la table I, qui est à double entrée, c'est-à-dire qu'elle a pour arguments Δ et K .

« Le 2^e terme se trouve dans la table II, à l'aide de K .

« Maintenant, si dT est la hauteur du centre de l'éclimètre au-dessus du sol, N la

- « hauteur absolue connue de l'objet observé, et N' la hauteur absolue cherchée de la station, l'on aura en général, pour la différence de niveau dN du sol et du point de mire observé

$$(1) \quad dN = dT + dn + 2^{\text{e}} \text{ terme}$$

$$\text{et } N' = N + dN;$$

- « Si, au contraire, dH est la hauteur du sommet du signal où l'on opère, au-dessus de l'instrument, et que l'altitude N de ce sommet soit connue, la différence de niveau dN entre ce même sommet et le point de mire observé, dont l'altitude inconnue est N' , sera en général :

$$(2) \quad dN = dH + dn + 2^{\text{e}} \text{ terme}$$

$$\text{et } N' = N + dN;$$

- « Reste maintenant à savoir comment il faut modifier les signes des quantités représentées par dH , dT , dn et 2^{e} terme, lorsqu'on applique les formules (1) et (2) aux quatre cas renfermés dans chacune d'elle, et résultant de ce que la distance zénithale observée, tantôt au point dont la hauteur est connue, tantôt au point dont on cherche l'altitude, est aussi tantôt plus grande, tant plus petite que 100 grades.

- « Or, les indications que voici :

INDICATION DES SIGNES QUAND ON OPÈRE AVEC dT .			
Ligne supérieure..	Si $\Delta \left\{ \begin{array}{l} > \\ < \end{array} \right\}$	100 grades. . . .	$dT \text{ et } 2^{\text{e}} \text{ t.} + dN \left\{ \begin{array}{l} + \\ - \end{array} \right\}$
Ligne inférieure...	Si $\Delta \left\{ \begin{array}{l} > \\ < \end{array} \right\}$	100 grades. . . .	$dT \text{ et } 2^{\text{e}} \text{ t.} - dN \left\{ \begin{array}{l} - \\ + \end{array} \right\}$
INDICATION DES SIGNES QUAND ON OPÈRE AVEC dH .			
Ligne supérieure..	Si $\Delta \left\{ \begin{array}{l} > \\ < \end{array} \right\}$	100 grades. . . .	$dH - ; 2^{\text{e}} \text{ t.} + dN \left\{ \begin{array}{l} + \\ - \end{array} \right\}$
Ligne inférieure...	Si $\Delta \left\{ \begin{array}{l} > \\ < \end{array} \right\}$	100 grades. . . .	$dH + ; 2^{\text{e}} \text{ t.} - dN \left\{ \begin{array}{l} - \\ + \end{array} \right\}$

- « et qui sont placées sur la première page du cahier de cotes, donneront ces signes sans aucune recherche, lorsqu'on a toujours soin d'insérer à la ligne supérieure le nom du lieu dont la hauteur est connue, et d'insérer la distance zénithale, représentée par Δ , vis-à-vis du nom du lieu où elle a été observée; car alors, il suffit de copier les signes qui suivent les mots *ligne supérieure*, quand Δ se trouve sur la ligne supérieure. Si Δ , au contraire, est sur la ligne inférieure, les signes convenables correspondent aux mots *ligne inférieure*.

- « Appliquons ce qui précède à quelques exemples.

1^{er} Exemple.

- « L'observation de $\Delta = 94^{\circ}55'$ ayant été faite au point dont on connaît la hauteur absolue du sol $N = 213^{\circ}3$, et l'instrument étant élevé de $dT = 1^{\circ}2$ au-dessus de ce

« sol, on demande la hauteur absolue N' du point observé, connaissant d'ailleurs la
 « distance $K = 7327^m$ des deux objets mis en comparaison. Cette question se rapporte
 « au premier cas de la première ligne supérieure.

TABLE I^{re}.

Avec Δ et $K = 7000^m$ on a $600^m,70$	on ôte à vue la différence pour 1' ;
= 300. . . 25 ,74	Δ égalant $94^s,54' + 1'$.
= 20. . . 1 ,72	
= 7. . . 0 ,60	
1 ^{er} terme $dN = + 628^m,8$	$N = 213^m,3$

TABLE II.

2 ^e terme. + 3 ^m ,5
$dY = + 1 ,2$
$dN = + 633^m,5$ + 633 ^m ,5
Altitude du point observé. $N' = 846^m,8$

2^e Exemple.

« La hauteur absolue du sommet d'un clocher, ou $N = 874^m,2$, et à $dH = 6^m,7$, au-des-
 « sous de ce sommet, l'on a observé la distance zénithale $\Delta = 105^s,27$ d'un point peu
 « élevé au-dessus du terrain; on demande la hauteur absolue de ce point, sachant
 « d'ailleurs que la distance horizontale K , qui sépare les deux objets mis en compa-
 « raison, est $K = 8675^m$. Cette question se rattache au deuxième cas de la deuxième
 « ligne supérieure.

TABLE I^{re}.

Avec Δ et $K = 8000^m$ on a $663^m,80$	on ajoute à vue la différence pour 1' ;
= 600. . . 49 ,79	Δ égalant $105^s,26' + 1'$.
= 70. . . 5 ,80	
= 5. . . 0 ,41	
1 ^{er} terme $dN = - 719^m,8$	$N = 874^m,2$

TABLE II.

2 ^e terme. + 5 ^m ,0
$dH = - 6 ,7$
$dN = - 724^m,5$ - 724 ^m ,5
Altitude du point observé. $N' = 152^m,7$

3^e Exemple.

« Le cas le plus fréquent est celui-ci : trouver la cote de hauteur d'une station d'où
 « l'on voit un ou plusieurs points trigonométriques.
 « Soit $\Delta = 96^s$ la distance zénithale d'un objet dont l'altitude $N = 524^m$; soit de plus
 « $dT = 1^m,2$ la hauteur de l'instrument, dN la différence de niveau du sol de la station
 « et de l'objet observé, N' l'altitude cherchée de cette station, enfin $K = 7800^m$ la base
 « connue. La règle des signes est indiquée par le premier cas de la première ligne
 « inférieure; ainsi

TABLE I^{re}.

Avec A et K = 7000 ^m ou = 440 ^m ,4	
= 800. 50,3	
d N = — 490 ^m ,7	N = 524 ^m ,0

TABLE II.

2 ^e terme.	3 ^m ,2
d T.	1,2
d N = — 495 ^m ,1.	— 495 ^m ,1
Altitude du sol.	N ^m = 28,9

« En général, les cotes de hauteur, déterminées de la sorte, seront d'autant plus exactes, que les points trigonométriques auxquels on rattache les nivellements topographiques seront moins éloignés des stations faites avec l'éclimètre, que les bases mesurées graphiquement sur les levés ou reconnaissances auront plus de précision, et que les distances zénithales auront été observées dans les circonstances les plus favorables.

« Les cotes de hauteur du terrain, considérées sous le point de vue le plus général, doivent être déterminées de manière à faire connaître immédiatement les arêtes des bassins hydrographiques et leurs thalwegs ou les lits des eaux courantes. Envisagées sous le rapport topographique, ces mêmes cotes, prises avec discernement, doivent guider dans la recherche des lignes de plus grande pente, par lesquelles on caractérise sur les cartes à grande échelle, comme sur la carte de France, les formes particulières du sol et ses moindres accidents (ainsi que nous l'expliquerons au chapitre de la topographie). »

Note sur la mesure de l'erreur de collimation de l'éclimètre.

« 68. L'appareil adapté aux boussoles pour mesurer les distances zénithales, et qu'on nomme *éclimètre*, se compose d'une petite lunette mobile autour du centre d'un arc de cercle gradué, auquel est fixé un petit niveau à bulle d'air.

« Lorsque la ligne de foi du vernier est arrêtée sur le trait du limbe correspondant à 100 grades, que l'éclimètre est dans la position verticale, et que la bulle d'air du niveau est exactement dans ses repères, l'axe optique de la lunette, déterminé par l'intersection des fils du réticule, est horizontal, si l'instrument est parfaitement rectifié. Mais, le plus souvent, cet axe optique fait un petit angle avec l'horizon; il importe d'en connaître exactement la valeur, afin de corriger les distances zénithales qui s'en trouvent nécessairement affectées. La détermination de cet angle, nommée *erreur de collimation*, fait l'objet de la présente note.

« On conçoit que si cette erreur était toujours constante, il suffirait de la mesurer une seule fois; or, un des moyens faciles de l'obtenir avec précision, est d'observer avec un cercle répétiteur la distance zénithale d'un objet peu éloigné, et de la comparer à celle du même objet prise avec l'éclimètre; car la différence entre ces deux

« mesures sera l'erreur de collimation cherchée, puisque le cercle répétiteur, par l'effet des observations conjuguées, est exempt d'une pareille erreur.

« Par exemple, une distance zénithale a été trouvée exactement de $95^{\circ}2636$, et, au même moment, un éclimètre l'a donnée de $95,2750$ (en supposant que l'on puisse estimer sur cet instrument la demi-minute centésimale); donc, l'erreur de collimation est $95^{\circ}2636 - 95^{\circ}2750 = -0^{\circ}0114''$. Ainsi, tous les angles verticaux, mesurés avec cet éclimètre, devront être diminués de 1 minute $\frac{1}{11}$ centésimale, avant d'être employés dans le calcul des différences de niveau.

« Un autre moyen d'apprécier l'erreur de collimation consiste à placer successivement le centre de l'éclimètre aux deux extrémités d'une droite de plusieurs centaines de mètres, pour y mesurer la distance zénithale de l'autre extrémité. Par cette double opération, la somme des deux distances zénithales différera de 200 grades d'une quantité qui sera précisément le double de l'erreur de collimation, parce que les verticales des stations sont, dans ce cas, sensiblement parallèles.

« Plus généralement, la somme des deux distances zénithales réciproques devrait faire exactement deux angles droits, plus, l'angle des verticales, lequel est égal à autant de fois 1 seconde centésimale qu'il y a de fois 10 mètres dans la distance d'une station à l'autre. Ainsi, pour une longueur de 1000 mètres, l'angle au centre C de la terre est de 110 secondes ou 1 minute de grade.

« En supposant donc que les distances zénithales observées aux extrémités de cette longueur soient :

$$\begin{array}{rcl} \text{La 1}^{\text{re}} \text{ de.} & . . . & 95^{\circ},25 = \Delta \\ \text{La 2}^{\text{e}} \text{ de.} & . . . & 104,78 = \Delta' \\ \text{Leur somme.} & . & 200,03 = \Delta + \Delta' \\ \text{Etant ôtée de.} & . & 200,04 = 200^{\circ} + C \\ \hline \text{Le reste.} & . . . & -0,02 \end{array}$$

« est double de l'erreur de collimation. La correction soustractive à faire aux distances zénithales, observées avec l'éclimètre vérifié, est par conséquent de 1 minute centésimale. Cette correction, qui peut aussi être positive, s'exprime analytiquement par la formule suivante :

$$\text{err. de collimation} = \frac{900 + C - (\Delta + \Delta')}{2}.$$

« Un troisième moyen d'évaluer cette erreur à une seule station, et sans recourir à l'emploi du cercle répétiteur, comme dans le premier procédé, a été proposé par M. Hossard, capitaine au corps royal d'état-major. Le voici :

« Après avoir mesuré avec l'éclimètre la distance zénithale d'un point bien visible, on fera faire une demi-révolution à l'instrument, afin que l'oculaire prenne la place de l'objectif, et l'on ramènera, s'il est nécessaire, la bulle du niveau entre ses repères. Ensuite, plaçant l'œil à 1 mètre environ en arrière de l'objectif, de manière à apercevoir l'image des réticules dans le milieu du champ de cet objectif, et à ame-

« ner le point de mire, vu à l'œil nu, presque en contact avec le tuyau de la lunette,
 « on verra si ce point de mire est plus ou moins élevé que l'axe optique de la lunette;
 « et, si ce cas se présente, on imprimera un léger mouvement à cette lunette, à l'aide
 « de sa vis de rappel, jusqu'à ce que l'objet observé se trouve le mieux possible sur la
 « direction du fil horizontal des réticules par lequel passe l'axe optique. Alors, dans
 « cet état de choses, et supposé que la bulle du niveau n'ait pas quitté ses repères, la
 « seconde lecture sur le limbe donnera un angle qui, étant ajouté au premier, for-
 « mera une somme dont la différence à 200 grades sera le double de l'erreur cherchée,
 « puisque ce procédé revient évidemment à mesurer les deux angles de suite que la
 « verticale de la station fait avec la droite passant par le centre de l'instrument et l'ob-
 « jet observé.

« Mais comme l'exactitude du résultat dépend du degré d'appréciation que peut
 « apporter l'observateur en opérant à l'œil nu, nous pensons qu'il vaudrait mieux
 « alors mettre exactement le centre de l'éclimètre sur la droite qui joindrait les cen-
 « tres de deux mires, placées l'une en avant, l'autre en arrière de l'observateur, et de
 « mesurer ensuite leurs distances zénithales, parce qu'on aurait également et avec
 « moins d'incertitude

$$\text{erreur de collimation} = \frac{\Delta + \Delta' - 200^\circ}{2}.$$

« L'emploi d'une petite lunette d'approche sera fort utile pour mieux juger si les
 « trois points dont il s'agit sont en ligne droite.

« Enfin, il sera prudent de soumettre l'éclimètre à une pareille vérification par l'un
 « des trois procédés que l'on vient de décrire. »

Paris, 31 mars 1840.

Signé L. P.

Telle est l'instruction délivrée aux officiers attachés à la carte de France, en avant
 des tables, n° 1 et n° 2.

Nous joignons encore ici un modèle du cahier intitulé : Tableau, n° 8^{ter}, qui est
 destiné à inscrire les données de départ et le calcul des cotes.

Cet article étant plutôt du ressort de la topographie que de celui de la géodésie,
 nous aurions pu le transporter au livre qui traite de cette matière ; mais, comme il
 repose entièrement sur l'emploi de la formule $dN = K \cot. \Delta + q K^2$, qui est du domaine
 de la géodésie, nous avons préféré l'inscrire ici.

(Pour les tables suivantes.)

TABLES

POUR LE CALCUL DES DIFFÉRENCES DE NIVEAU DANS LES OPÉRATIONS TOPOGRAPHIQUES.

TABLE 1^{re}.ARGUMENT λ ET K.1^{er} TERM.

Col. -	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	Col. +	Col. -	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	Col. +	
002	31	4	63	9	2	385	7	437	4	486	6	32	5	385	7	437	4	486	6	32	5	
003	62	34	2	57	0	436	7	490	5	539	8	63	36	2	57	0	436	7	490	5	539	8
004	61	32	6	54	1	437	6	489	6	538	7	62	35	5	436	7	489	6	538	7	62	35
005	60	31	7	51	2	438	5	488	7	537	8	61	34	6	437	6	488	7	537	8	61	34
006	59	30	8	48	3	439	4	487	8	536	9	60	33	7	438	5	487	8	536	9	60	33
007	58	29	9	45	4	440	3	486	9	535	10	59	32	8	439	4	486	9	535	10	59	32
008	57	28	10	42	5	441	2	485	10	534	11	58	31	9	438	3	485	10	534	11	58	31
009	56	27	11	39	6	442	1	484	11	533	12	57	30	10	437	2	484	11	533	12	57	30
010	55	26	12	36	7	443	0	483	12	532	13	56	29	11	436	1	483	12	532	13	56	29
011	54	25	13	33	8	444	9	482	13	531	14	55	28	12	435	0	482	13	531	14	55	28
012	53	24	14	30	9	445	8	481	14	530	15	54	27	13	434	9	481	14	530	15	54	27
013	52	23	15	27	10	446	7	480	15	529	16	53	26	14	433	8	480	15	529	16	53	26
014	51	22	16	24	11	447	6	479	16	528	17	52	25	15	432	7	479	16	528	17	52	25
015	50	21	17	21	12	448	5	478	17	527	18	51	24	16	431	6	478	17	527	18	51	24
016	49	20	18	18	13	449	4	477	18	526	19	50	23	17	430	5	477	18	526	19	50	23
017	48	19	19	15	14	450	3	476	19	525	20	49	22	18	429	4	476	19	525	20	49	22
018	47	18	20	12	15	451	2	475	20	524	21	48	21	19	428	3	475	20	524	21	48	21
019	46	17	21	9	16	452	1	474	21	523	22	47	20	20	427	2	474	21	523	22	47	20
020	45	16	22	6	17	453	0	473	22	522	23	46	19	21	426	1	473	22	522	23	46	19
021	44	15	23	3	18	454	9	472	23	521	24	45	18	22	425	0	472	23	521	24	45	18
022	43	14	24	0	19	455	8	471	24	520	25	44	17	23	424	9	471	24	520	25	44	17
023	42	13	25	7	20	456	7	470	25	519	26	43	16	24	423	8	470	25	519	26	43	16
024	41	12	26	4	21	457	6	469	26	518	27	42	15	25	422	7	469	26	518	27	42	15
025	40	11	27	1	22	458	5	468	27	517	28	41	14	26	421	6	468	27	517	28	41	14
026	39	10	28	8	23	459	4	467	28	516	29	40	13	27	420	5	467	28	516	29	40	13
027	38	9	29	5	24	460	3	466	29	515	30	39	12	28	419	4	466	29	515	30	39	12
028	37	8	30	2	25	461	2	465	30	514	31	38	11	29	418	3	465	30	514	31	38	11
029	36	7	31	9	26	462	1	464	31	513	32	37	10	30	417	2	464	31	513	32	37	10
030	35	6	32	6	27	463	0	463	32	512	33	36	9	31	416	1	463	32	512	33	36	9
031	34	5	33	3	28	464	9	462	33	511	34	35	8	32	415	0	462	33	511	34	35	8
032	33	4	34	0	29	465	8	461	34	510	35	34	7	33	414	9	461	34	510	35	34	7
033	32	3	35	7	30	466	7	460	35	509	36	33	6	34	413	8	460	35	509	36	33	6
034	31	2	36	4	31	467	6	459	36	508	37	32	5	35	412	7	459	36	508	37	32	5
035	30	1	37	1	32	468	5	458	37	507	38	31	4	36	411	6	458	37	507	38	31	4
036	29	0	38	8	33	469	4	457	38	506	39	30	3	37	410	5	457	38	506	39	30	3
037	28	9	39	5	34	470	3	456	39	505	40	29	2	38	409	4	456	39	505	40	29	2
038	27	8	40	2	35	471	2	455	40	504	41	28	1	39	408	3	455	40	504	41	28	1
039	26	7	41	9	36	472	1	454	41	503	42	27	0	40	407	2	454	41	503	42	27	0
040	25	6	42	6	37	473	0	453	42	502	43	26	9	41	406	1	453	42	502	43	26	9
041	24	5	43	3	38	474	9	452	43	501	44	25	8	42	405	0	452	43	501	44	25	8
042	23	4	44	0	39	475	8	451	44	500	45	24	7	43	404	9	451	44	500	45	24	7
043	22	3	45	7	40	476	7	450	45	499	46	23	6	44	403	8	450	45	499	46	23	6
044	21	2	46	4	41	477	6	449	46	498	47	22	5	45	402	7	449	46	498	47	22	5
045	20	1	47	1	42	478	5	448	47	497	48	21	4	46	401	6	448	47	497	48	21	4
046	19	0	48	8	43	479	4	447	48	496	49	20	3	47	400	5	447	48	496	49	20	3
047	18	9	49	5	44	480	3	446	49	495	50	19	2	48	399	4	446	49	495	50	19	2
048	17	8	50	2	45	481	2	445	50	494	51	18	1	49	398	3	445	50	494	51	18	1
049	16	7	51	9	46	482	1	444	51	493	52	17	0	50	397	2	444	51	493	52	17	0
050	15	6	52	6	47	483	0	443	52	492	53	16	9	51	396	1	443	52	492	53	16	9
051	14	5	53	3	48	484	9	442	53	491	54	15	8	52	395	0	442	53	491	54	15	8
052	13	4	54	0	49	485	8	441	54	490	55	14	7	53	394	9	441	54	490	55	14	7
053	12	3	55	7	50	486	7	440	55	489	56	13	6	54	393	8	440	55	489	56	13	6
054	11	2	56	4	51	487	6	439	56	488	57	12	5	55	392	7	439	56	488	57	12	5
055	10	1	57	1	52	488	5	438	57	487	58	11	4	56	391	6	438	57	487	58	11	4
056	9	0	58	8	53	489	4	437	58	486	59	10	3	57	390	5	437	58	486	59	10	3
057	8	9	59	5	54	490	3	436	59	485	60	9	2	58	389	4	436	59	485	60	9	2
058	7	8	60	2	55	491	2	435	60	484	61	8	1	59	388	3	435	60	484	61	8	1
059	6	7	61	9	56	492	1	434	61	483	62	7	0	60	387	2	434	61	483	62	7	0
060	5	6	62	6	57	493	0	433	62	482	63	6	9	61	386	1	433	62	482	63	6	9
061	4	5	63	3	58	494	9	432	63	481	64	5	8	62	385	0	432	63	481	64	5	8
062	3	4	64	0	59	495	8	431	64	480	65	4	7	63	384	9	431	64	480	65	4	7
063	2	3	65	7	60	496	7	430	65	479	66	3	6	64	383	8	430	65	479	66	3	6
064	1	2	66	4	61	497	6	429	66	478	67	2	5	65	382	7	429	66	478	67	2	5
065	0	1	67	1	62	498	5	428	67	477	68	1	4	66	381	6	428	67	477	68	1	4
066	9	0	68	8	63	499	4	427	68	476	69	0	3	67	380	5	427	68	476	69	0	3
067	8	9	69	5	64	500	3	426	69	475	70	9	2	68	379	4	426	69	475	70	9	2
068	7	8	70	2	65	501	2	425	70	474	71	8	1	69	378	3	425	70	474	71	8	1
069	6	7	71	9	66	502	1	424	71	473	72	7	0	70	377	2	424	71	473	72	7	0
070	5	6	72	6	67	503	0	423	72	472	73	6	9	71	376	1	423	72	472	73	6	9
071	4	5	73	3	68	504	9	422	73	471	74	5	8	72	375	0	422	73	471	74	5	8
072	3	4	74	0	69	505	8	421	74	470	75	4	7	73	374	9	421	74	470	75	4	7
073	2	3	75	7																		

1^{re} ÉCHELLE.

AUGMENT 1 ET 8.

Col. 1	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	Col. 2	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	Col. 3
401	62	95	125	155	185	215	245	275	305	100	62	95	125	155	185	215	245	275	305	100
402	63	96	126	156	186	216	246	276	306	101	63	96	126	156	186	216	246	276	306	101
403	64	97	127	157	187	217	247	277	307	102	64	97	127	157	187	217	247	277	307	102
404	65	98	128	158	188	218	248	278	308	103	65	98	128	158	188	218	248	278	308	103
405	66	99	129	159	189	219	249	279	309	104	66	99	129	159	189	219	249	279	309	104
406	67	100	130	160	190	220	250	280	310	105	67	100	130	160	190	220	250	280	310	105
407	68	101	131	161	191	221	251	281	311	106	68	101	131	161	191	221	251	281	311	106
408	69	102	132	162	192	222	252	282	312	107	69	102	132	162	192	222	252	282	312	107
409	70	103	133	163	193	223	253	283	313	108	70	103	133	163	193	223	253	283	313	108
410	71	104	134	164	194	224	254	284	314	109	71	104	134	164	194	224	254	284	314	109
411	72	105	135	165	195	225	255	285	315	110	72	105	135	165	195	225	255	285	315	110
412	73	106	136	166	196	226	256	286	316	111	73	106	136	166	196	226	256	286	316	111
413	74	107	137	167	197	227	257	287	317	112	74	107	137	167	197	227	257	287	317	112
414	75	108	138	168	198	228	258	288	318	113	75	108	138	168	198	228	258	288	318	113
415	76	109	139	169	199	229	259	289	319	114	76	109	139	169	199	229	259	289	319	114
416	77	110	140	170	200	230	260	290	320	115	77	110	140	170	200	230	260	290	320	115
417	78	111	141	171	201	231	261	291	321	116	78	111	141	171	201	231	261	291	321	116
418	79	112	142	172	202	232	262	292	322	117	79	112	142	172	202	232	262	292	322	117
419	80	113	143	173	203	233	263	293	323	118	80	113	143	173	203	233	263	293	323	118
420	81	114	144	174	204	234	264	294	324	119	81	114	144	174	204	234	264	294	324	119
421	82	115	145	175	205	235	265	295	325	120	82	115	145	175	205	235	265	295	325	120
422	83	116	146	176	206	236	266	296	326	121	83	116	146	176	206	236	266	296	326	121
423	84	117	147	177	207	237	267	297	327	122	84	117	147	177	207	237	267	297	327	122
424	85	118	148	178	208	238	268	298	328	123	85	118	148	178	208	238	268	298	328	123
425	86	119	149	179	209	239	269	299	329	124	86	119	149	179	209	239	269	299	329	124
426	87	120	150	180	210	240	270	300	330	125	87	120	150	180	210	240	270	300	330	125
427	88	121	151	181	211	241	271	301	331	126	88	121	151	181	211	241	271	301	331	126
428	89	122	152	182	212	242	272	302	332	127	89	122	152	182	212	242	272	302	332	127
429	90	123	153	183	213	243	273	303	333	128	90	123	153	183	213	243	273	303	333	128
430	91	124	154	184	214	244	274	304	334	129	91	124	154	184	214	244	274	304	334	129
431	92	125	155	185	215	245	275	305	335	130	92	125	155	185	215	245	275	305	335	130
432	93	126	156	186	216	246	276	306	336	131	93	126	156	186	216	246	276	306	336	131
433	94	127	157	187	217	247	277	307	337	132	94	127	157	187	217	247	277	307	337	132
434	95	128	158	188	218	248	278	308	338	133	95	128	158	188	218	248	278	308	338	133
435	96	129	159	189	219	249	279	309	339	134	96	129	159	189	219	249	279	309	339	134
436	97	130	160	190	220	250	280	310	340	135	97	130	160	190	220	250	280	310	340	135
437	98	131	161	191	221	251	281	311	341	136	98	131	161	191	221	251	281	311	341	136
438	99	132	162	192	222	252	282	312	342	137	99	132	162	192	222	252	282	312	342	137
439	100	133	163	193	223	253	283	313	343	138	100	133	163	193	223	253	283	313	343	138
440	101	134	164	194	224	254	284	314	344	139	101	134	164	194	224	254	284	314	344	139
441	102	135	165	195	225	255	285	315	345	140	102	135	165	195	225	255	285	315	345	140
442	103	136	166	196	226	256	286	316	346	141	103	136	166	196	226	256	286	316	346	141
443	104	137	167	197	227	257	287	317	347	142	104	137	167	197	227	257	287	317	347	142
444	105	138	168	198	228	258	288	318	348	143	105	138	168	198	228	258	288	318	348	143
445	106	139	169	199	229	259	289	319	349	144	106	139	169	199	229	259	289	319	349	144
446	107	140	170	200	230	260	290	320	350	145	107	140	170	200	230	260	290	320	350	145
447	108	141	171	201	231	261	291	321	351	146	108	141	171	201	231	261	291	321	351	146
448	109	142	172	202	232	262	292	322	352	147	109	142	172	202	232	262	292	322	352	147
449	110	143	173	203	233	263	293	323	353	148	110	143	173	203	233	263	293	323	353	148
450	111	144	174	204	234	264	294	324	354	149	111	144	174	204	234	264	294	324	354	149
451	112	145	175	205	235	265	295	325	355	150	112	145	175	205	235	265	295	325	355	150
452	113	146	176	206	236	266	296	326	356	151	113	146	176	206	236	266	296	326	356	151
453	114	147	177	207	237	267	297	327	357	152	114	147	177	207	237	267	297	327	357	152
454	115	148	178	208	238	268	298	328	358	153	115	148	178	208	238	268	298	328	358	153
455	116	149	179	209	239	269	299	329	359	154	116	149	179	209	239	269	299	329	359	154
456	117	150	180	210	240	270	300	330	360	155	117	150	180	210	240	270	300	330	360	155
457	118	151	181	211	241	271	301	331	361	156	118	151	181	211	241	271	301	331	361	156
458	119	152	182	212	242	272	302	332	362	157	119	152	182	212	242	272	302	332	362	157
459	120	153	183	213	243	273	303	333	363	158	120	153	183	213	243	273	303	333	363	158
460	121	154	184	214	244	274	304	334	364	159	121	154	184	214	244	274	304	334	364	159
461	122	155	185	215	245	275	305	335	365	160	122	155	185	215	245	275	305	335	365	160
462	123	156	186	216	246	276	306	336	366	161	123	156	186	216	246	276	306	336	366	161
463	124	157	187	217	247	277	307	337	367	162	124	157	187	217	247	277	307	337	367	162
464	125	158	188	218	248	278	308	338	368	163	125	158	188	218	248	278	308	338	368	163
465	126	159	189	219	249	279	309	339	369	164	126	159	189	219	249	279	309	339	369	164
466	127	160	190	220	250	280	310	340	370	165	127	160	190	220	250	280	310	340	370	165
467	128	161	191	221	251	281	311	341	371	166	128	161	191	221	251	281	311	341	371	166
468	129	162	192	222	252	282	312	342	372	167	129	162	192	222	252	282	312	342	372	167
469	130	163	193	223	253	283	313	343	373	168	130	163	193	223	253	283	313	343	373	168
470	131	164	194	224	254	284	314	344	374</											

ARGUMENT A ET B.

[illegible]

1^{er} TIERCE.

ARGUMENT 3 ET 4.

TABLE 1^{re}.

Col. —	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	Col. +
109	10142	251	61	147	260	714	853	9	496	2
110	111	252	9	158	715	714	857	1000	1443	2
111	121	253	19	169	716	715	858	1001	1444	2
112	131	254	29	170	717	716	859	1002	1445	2
113	141	255	39	171	718	717	860	1003	1446	2
114	151	256	49	172	719	718	861	1004	1447	2
115	161	257	59	173	720	719	862	1005	1448	2
116	171	258	69	174	721	720	863	1006	1449	2
117	181	259	79	175	722	721	864	1007	1450	2
118	191	260	89	176	723	722	865	1008	1451	2
119	201	261	99	177	724	723	866	1009	1452	2
120	211	262	109	178	725	724	867	1010	1453	2
121	221	263	119	179	726	725	868	1011	1454	2
122	231	264	129	180	727	726	869	1012	1455	2
123	241	265	139	181	728	727	870	1013	1456	2
124	251	266	149	182	729	728	871	1014	1457	2
125	261	267	159	183	730	729	872	1015	1458	2
126	271	268	169	184	731	730	873	1016	1459	2
127	281	269	179	185	732	731	874	1017	1460	2
128	291	270	189	186	733	732	875	1018	1461	2
129	301	271	199	187	734	733	876	1019	1462	2
130	311	272	209	188	735	734	877	1020	1463	2
131	321	273	219	189	736	735	878	1021	1464	2
132	331	274	229	190	737	736	879	1022	1465	2
133	341	275	239	191	738	737	880	1023	1466	2
134	351	276	249	192	739	738	881	1024	1467	2
135	361	277	259	193	740	739	882	1025	1468	2
136	371	278	269	194	741	740	883	1026	1469	2
137	381	279	279	195	742	741	884	1027	1470	2
138	391	280	289	196	743	742	885	1028	1471	2
139	401	281	299	197	744	743	886	1029	1472	2
140	411	282	309	198	745	744	887	1030	1473	2
141	421	283	319	199	746	745	888	1031	1474	2
142	431	284	329	200	747	746	889	1032	1475	2
143	441	285	339	201	748	747	890	1033	1476	2
144	451	286	349	202	749	748	891	1034	1477	2
145	461	287	359	203	750	749	892	1035	1478	2
146	471	288	369	204	751	750	893	1036	1479	2
147	481	289	379	205	752	751	894	1037	1480	2
148	491	290	389	206	753	752	895	1038	1481	2
149	501	291	399	207	754	753	896	1039	1482	2
150	511	292	409	208	755	754	897	1040	1483	2
151	521	293	419	209	756	755	898	1041	1484	2
152	531	294	429	210	757	756	899	1042	1485	2
153	541	295	439	211	758	757	900	1043	1486	2
154	551	296	449	212	759	758	901	1044	1487	2
155	561	297	459	213	760	759	902	1045	1488	2
156	571	298	469	214	761	760	903	1046	1489	2
157	581	299	479	215	762	761	904	1047	1490	2
158	591	300	489	216	763	762	905	1048	1491	2
159	601	301	499	217	764	763	906	1049	1492	2
160	611	302	509	218	765	764	907	1050	1493	2
161	621	303	519	219	766	765	908	1051	1494	2
162	631	304	529	220	767	766	909	1052	1495	2
163	641	305	539	221	768	767	910	1053	1496	2
164	651	306	549	222	769	768	911	1054	1497	2
165	661	307	559	223	770	769	912	1055	1498	2
166	671	308	569	224	771	770	913	1056	1499	2
167	681	309	579	225	772	771	914	1057	1500	2
168	691	310	589	226	773	772	915	1058	1501	2
169	701	311	599	227	774	773	916	1059	1502	2
170	711	312	609	228	775	774	917	1060	1503	2
171	721	313	619	229	776	775	918	1061	1504	2
172	731	314	629	230	777	776	919	1062	1505	2
173	741	315	639	231	778	777	920	1063	1506	2
174	751	316	649	232	779	778	921	1064	1507	2
175	761	317	659	233	780	779	922	1065	1508	2
176	771	318	669	234	781	780	923	1066	1509	2
177	781	319	679	235	782	781	924	1067	1510	2
178	791	320	689	236	783	782	925	1068	1511	2
179	801	321	699	237	784	783	926	1069	1512	2
180	811	322	709	238	785	784	927	1070	1513	2
181	821	323	719	239	786	785	928	1071	1514	2
182	831	324	729	240	787	786	929	1072	1515	2
183	841	325	739	241	788	787	930	1073	1516	2
184	851	326	749	242	789	788	931	1074	1517	2
185	861	327	759	243	790	789	932	1075	1518	2
186	871	328	769	244	791	790	933	1076	1519	2
187	881	329	779	245	792	791	934	1077	1520	2
188	891	330	789	246	793	792	935	1078	1521	2
189	901	331	799	247	794	793	936	1079	1522	2
190	911	332	809	248	795	794	937	1080	1523	2
191	921	333	819	249	796	795	938	1081	1524	2
192	931	334	829	250	797	796	939	1082	1525	2
193	941	335	839	251	798	797	940	1083	1526	2
194	951	336	849	252	799	798	941	1084	1527	2
195	961	337	859	253	800	799	942	1085	1528	2
196	971	338	869	254	801	800	943	1086	1529	2
197	981	339	879	255	802	801	944	1087	1530	2
198	991	340	889	256	803	802	945	1088	1531	2
199	1001	341	899	257	804	803	946	1089	1532	2
200	1011	342	909	258	805	804	947	1090	1533	2
201	1021	343	919	259	806	805	948	1091	1534	2
202	1031	344	929	260	807	806	949	1092	1535	2
203	1041	345	939	261	808	807	950	1093	1536	2
204	1051	346	949	262	809	808	951	1094	1537	2
205	1061	347	959	263	810	809	952	1095	1538	2
206	1071	348	969	264	811	810	953	1096	1539	2
207	1081	349	979	265	812	811	954	1097	1540	2
208	1091	350	989	266	813	812	955	1098	1541	2
209	1101	351	999	267	814	813	956	1099	1542	2
210	1111	352	1009	268	815	814	957	1100	1543	2
211	1121	353	1019	269	816	815	958	1101	1544	2
212	1131	354	1029	270	817	816	959	1102	1545	2
213	1141	355	1039	271	818	817	960	1103	1546	2
214	1151	356	1049	272	819	818	961	1104	1547	2
215	1161	357	1059	273	820	819	962	1105	1548	2
216	1171	358	1069	274	821	820	963	1106	1549	2
217	1181	359	1079	275	822	821	964	1107	1550	2
218	1191	360	1089	276	823	822	965	1108	1551	2
219	1201	361	1099	277	824	823	966	1109	1552	2
220	1211	362	1109	278	825	824	967	1110	1553	2
221	1221	363	1119	279	826	825	968	1111	1554	2
222	1231	364	1129	280	827	826	969	1112	1555	2
223	1241	365	1139	281	828	827	970	1113	1556	2
224	1251	366	1149	282	829	828	971	1114	1557	2
225	1261	367	1159	283	830	829	972	1115	1558	2
226	1271	368	1169	284	831	830	973	1116	1559	2
227	1281	369	1179	285	832	831	974	1117	1560	2
228	1291	370	1189	286	833	832	975	1118	1561	2
229	1301	371	1199	287	834	833	976	1119	1562	2
230	1311	372	1209	288	835	834	977	1120	1563	2
231	1321	373	1219	289	836	835	978	1121	1564	2
232	1331	374	1229	290	837	836	979	1122	1565	2
233	1341	375	1239	291	838	837	980	1123	1566	2
234	1351	376	1249	292	839	838	981	1124	1567	2
235	1361	377	1259	293	840	839	982	1125	1568	2
236	1371	378	1269	294	841	840	983			

TABLE I^o. ARGUMENT Δ E. K. 1^o TEMP. TABLE II. ARGUMENT, COTÉ & EN MÉTRES, II^o TEMP. POINTE.

[illegible]

N^o 3.

Calcul des Cotes du Nivellement topographique.

NUMÉRO.	NOMS DES OBJETS.	DONNÉES.	CALCUL.	DIFFÉRENCES des NIVEAUX.	HAUTEURS ABSOLUES.	REMARQUE.
		$l. K = \dots$	$d T = \dots$	$N = \dots$		
		$l.e. \Delta = \dots$	$2^o t. = \dots$	$d N = \dots$		
		$l. d n = \dots$	$d n = \dots$	$N' = \dots$		
		$l. K = \dots$	$d T = \dots$	$N = \dots$		
		$l.e. \Delta = \dots$	$2^o t. = \dots$	$d N = \dots$		
		$l. d n = \dots$	$d n = \dots$	$N' = \dots$		
		$l. K = \dots$	$d T = \dots$	$N = \dots$		
		$l.e. \Delta = \dots$	$2^o t. = \dots$	$d N = \dots$		
		$l. d n = \dots$	$d n = \dots$	$N' = \dots$		
		$l. K = \dots$	$d T = \dots$	$N = \dots$		
		$l.e. \Delta = \dots$	$2^o t. = \dots$	$d N = \dots$		
		$l. d n = \dots$	$d n = \dots$	$N' = \dots$		

Cote au moyen de la mer.

69. On peut calculer la cote d'un point, duquel on aperçoit l'horizon de la mer.

En effet; au point A on prend, sur l'horizon de la mer, la distance zénithale $\Delta = ZAM$. Alors AM est tangente à la mer et perpendiculaire au rayon terrestre $MC=R$.

MB étant la ligne de niveau, $AB=dN$ sera la quantité cherchée.

Sil'on désigne toujours la réfraction par r , la distance zénithale vraie sera $\Delta + r$.

Le triangle rectangle AMC donne

$$\sin. A : \sin. M :: R : R + dN.$$

L'angle M étant droit, $\sin. M = 1$ on a donc :

$$\sin. A : 1 :: R : R + dN, \quad \text{d'où } dN = R \frac{(1 - \sin. A)}{\sin. A},$$

et comme $A = 100^\circ - C$, $\sin. A = \cos. C$, donc;

$$dN = R \frac{(1 - \cos. C)}{\cos. C} = R \frac{2 \sin. \frac{1}{2} C}{\cos. C} = R \frac{2 \sin. \frac{1}{2} C \sin. C}{\cos. C \sin. C} = R \tan. \frac{1}{2} C \tan. C.$$



Il est remarquable que la distance zénithale, prise en A, sera toujours peu différente de l'angle droit, et que l'angle C sera toujours très petit; puis, comme en général $\tan m.x = m \tan x$, lorsque x est un fort petit arc et m un coefficient peu différent de l'unité, on aura sensiblement :

$$dN = \frac{1}{2} R \tan^2 C.$$

Or, $\Delta + r = C + 100^\circ$ d'où $C = \Delta + r - 100^\circ$; de plus, nous savons que $r = nC$,

donc
$$C = \frac{\Delta - 100^\circ}{1-n},$$

et par suite :
$$dN = \frac{1}{2} R \frac{1}{(1-n)^2} \tan^2 (\Delta - 100^\circ),$$

ou à peu de chose près
$$dN = \frac{1}{2} R (1+n)^2 \tan^2 (\Delta - 100^\circ). \quad (1)$$

$\Delta - 100^\circ$, est ce qu'on nomme l'angle de dépression apparente de l'horizon de la mer.

On obtient de suite la valeur de dN , formule (1) au moyen des tables ci-jointes, dans lesquelles on a supposé $n = 0,08$. Ces tables sont suffisamment exactes pour les opérations topographiques; elles feront connaître les hauteurs relatives des stations le long de la côte, que l'on a à figurer. Si l'on voulait cependant avoir égard à une petite différence $\pm z$ avec $n = 0,08$; en représentant par h' la hauteur approchée, donnée par la table, on aura la véritable hauteur h de la manière suivante : Ex.

$$h = h' \pm 1,85 z h';$$

Le coefficient n étant $n = 0,07$, par conséquent $z = -0,01$, et pour dépression apparente $0^\circ,8450$.

La table donne $h' = 655^{\text{m}}.17$, donc :

$$\begin{aligned} h &= h' - 1,85 \times 0,01 h'; \\ &= 655^{\text{m}}.17 - 12^{\text{m}}.11 = 643,06 \quad (\text{PUISSANT, sup., Géod., p. 11.}) \end{aligned}$$

Nota. Nous ferons remarquer ici que le pointé sur l'horizon de la mer offre très souvent de l'incertitude, et que, par conséquent, on n'a pas assez de confiance dans les résultats obtenus de cette manière, pour s'en servir à la géodésie (comme points de départ), et de plus, la topographie serait exposée à trouver de grandes discordances, à cause du défaut d'approximation que donne la lecture des instruments qu'elle emploie, défaut qui ne lui permet d'avoir confiance dans les résultats que pour un pointé à des distances qui ne dépassent pas les limites auxquelles elle doit s'astreindre; ces limites sont une fonction du degré d'approximation de lecture, sur l'angle de dépression.

TABLE DONNANT LA HAUTEUR ABSOLUE D'UN POINT, PAR LA DISTANCE ZÉNITHALE Δ PRISE SUR L'HORIZON DE LA MER.

ARGUMENT. Dépression apparente ($\Delta - 100^\circ$).

ANGLES de dépression.	HAUTEURS absolues.	DIFFÉ-RENCE.	ANGLES de dépression.	HAUTEURS absolues.	DIFFÉ-RENCE.	ANGLES de dépression.	HAUTEURS absolues.	DIFFÉ-RENCE.	ANGLES de dépression.	HAUTEURS absolues.	DIFFÉ-RENCE.
g	m		g	m		g	m		g	m	
0.2000	36.700	4.858	0.4250	165.72	3.87	0.6500	387.66	5.99	0.8750	702.53	8.01
0.2050	38.558	4.902	0.4300	169.64	3.92	0.6550	393.65	6.03	0.8800	710.58	8.05
0.2100	40.460	4.951	0.4350	173.62	4.01	0.6600	399.58	6.07	0.8850	718.67	8.15
0.2150	42.411	4.995	0.4400	177.63	4.06	0.6650	405.75	6.13	0.8900	726.82	8.19
0.2200	44.406	5.040	0.4450	181.69	4.11	0.6700	411.88	6.17	0.8950	735.04	8.23
0.2250	46.446	5.089	0.4500	185.80	4.15	0.6750	418.05	6.22	0.9000	743.24	8.29
0.2300	48.535	5.132	0.4550	189.95	4.20	0.6800	424.37	6.26	0.9050	751.53	8.33
0.2350	50.675	5.179	0.4600	194.15	4.24	0.6850	430.53	6.32	0.9100	759.86	8.37
0.2400	52.866	5.226	0.4650	198.39	4.29	0.6900	436.85	6.36	0.9150	768.23	8.41
0.2450	55.072	5.269	0.4700	202.68	4.33	0.6950	443.19	6.40	0.9200	776.64	8.47
0.2500	57.314	5.315	0.4750	207.01	4.38	0.7000	449.59	6.46	0.9250	785.14	8.51
0.2550	59.596	5.364	0.4800	211.39	4.43	0.7050	456.05	6.49	0.9300	793.62	8.56
0.2600	62.099	5.410	0.4850	215.82	4.47	0.7100	462.54	6.52	0.9350	802.14	8.61
0.2650	64.438	5.453	0.4900	220.29	4.52	0.7150	469.06	6.59	0.9400	810.79	8.65
0.2700	66.883	5.502	0.4950	224.84	4.57	0.7200	475.65	6.64	0.9450	819.44	8.70
0.2750	69.385	5.545	0.5000	229.38	4.60	0.7250	482.29	6.67	0.9500	828.14	8.74
0.2800	71.930	5.593	0.5050	233.98	4.67	0.7300	488.95	6.72	0.9550	836.88	8.79
0.2850	74.523	5.637	0.5100	238.65	4.70	0.7350	495.68	6.77	0.9600	845.67	8.83
0.2900	77.166	5.682	0.5150	243.35	4.74	0.7400	502.45	6.82	0.9650	854.50	8.88
0.2950	79.842	5.731	0.5200	248.09	4.80	0.7450	509.27	6.85	0.9700	863.38	8.93
0.3000	82.573	5.775	0.5250	252.89	4.84	0.7500	516.12	6.90	0.9750	872.31	8.97
0.3050	85.348	5.822	0.5300	257.73	4.88	0.7550	523.02	6.95	0.9800	881.28	9.00
0.3100	88.170	5.865	0.5350	262.61	4.93	0.7600	529.97	7.00	0.9850	890.39	9.07
0.3150	91.035	5.913	0.5400	267.54	4.99	0.7650	536.97	7.05	0.9900	899.55	9.12
0.3200	93.948	5.962	0.5450	272.53	5.00	0.7700	544.02	7.09	0.9950	908.87	9.15
0.3250	96.910	6.006	0.5500	277.53	5.03	0.7750	551.11	7.13	1.0000	918.26	9.19
0.3300	99.946	6.034	0.5550	282.56	5.07	0.7800	558.25	7.18	1.0050	927.71	9.25
0.3350	102.959	6.110	0.5600	287.73	5.17	0.7850	565.42	7.23	1.0100	937.24	9.28
0.3400	106.060	6.140	0.5650	292.90	5.20	0.7900	572.65	7.28	1.0150	946.84	9.35
0.3450	109.200	6.19	0.5700	298.10	5.25	0.7950	579.92	7.32	1.0200	956.49	9.39
0.3500	112.39	6.23	0.5750	303.35	5.30	0.8000	587.24	7.37	1.0250	966.18	9.43
0.3550	115.62	6.29	0.5800	308.65	5.34	0.8050	594.64	7.41	1.0300	975.91	9.47
0.3600	118.91	6.35	0.5850	313.99	5.40	0.8100	602.02	7.46	1.0350	985.68	9.52
0.3650	122.26	6.35	0.5900	319.39	5.43	0.8150	609.47	7.50	1.0400	995.50	9.58
0.3700	125.61	6.41	0.5950	324.84	5.48	0.8200	616.97	7.56	1.0450	1005.08	9.62
0.3750	129.02	6.46	0.6000	330.30	5.54	0.8250	624.53	7.59	1.0500	1014.70	9.66
0.3800	132.48	6.52	0.6050	335.84	5.57	0.8300	632.12	7.64	1.0550	1024.36	9.70
0.3850	136.00	6.58	0.6100	341.44	5.62	0.8350	639.76	7.68	1.0600	1034.06	9.75
0.3900	139.55	6.60	0.6150	347.03	5.67	0.8400	647.44	7.73	1.0650	1043.80	9.80
0.3950	143.15	6.65	0.6200	352.70	5.71	0.8450	655.17	7.78	1.0700	1053.60	9.83
0.4000	146.80	6.69	0.6250	358.44	5.76	0.8500	662.95	7.82	1.0750	1063.45	9.90
0.4050	150.49	6.71	0.6300	364.17	5.81	0.8550	670.77	7.86	1.0800	1073.36	9.96
0.4100	154.23	6.78	0.6350	369.98	5.85	0.8600	678.63	7.92	1.0850	1083.28	10.00
0.4150	158.04	6.84	0.6400	375.83	5.89	0.8650	686.55	7.97	1.0900	1093.24	10.05
0.4200	161.85	6.90	0.6450	381.72		0.8700	694.52		1.0950	1103.33	10.10

(Voir le Calcul des hauteurs au-dessus du niveau de la mer par le baromètre, Notes, art. 7.)

LIVRE DEUXIÈME.

TOPOGRAPHIE.

CHAPITRE PREMIER.

INSTRUMENTS ET LEVÉ DES PLANS.

70. Nous avons énoncé (art. 4) que la *topographie* devait fournir la *planimétrie* et le *nivellement* du terrain ; pour arriver à la connaissance de ces deux choses, on se sert d'instruments dont nous allons donner l'explication.

Lorsqu'on veut faire le plan d'une surface de peu d'étendue, nous avons dit qu'on abaissait sur un plan horizontal, des perpendiculaires de tous les objets qu'on y voit, et que les traces des pieds des verticales sur ce plan étaient ce qu'on nomme la projection ou la *planimétrie* du terrain.

Ce système général, reproduit sur le papier, dans des dimensions moindres, est ce qu'on nomme le *levé du plan*. Sur ce levé du plan, toutes les parties doivent conserver les relations naturelles d'étendue, de forme et de distance, dans les dimensions adoptées pour la réduction de la planimétrie ; or, pour apprécier le degré de cette réduction, il est indispensable que le plan porte une longueur de comparaison, et cette longueur est dite *échelle du plan*.

Echelles.

71. En général, on entend par *échelle* d'un plan, une longueur adoptée sur ce plan pour représenter en diminutif une longueur donnée par la nature, en sorte que cette échelle n'est autre chose que le rapport qui existe entre les longueurs de la nature et leurs correspondantes sur le plan.

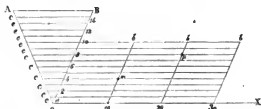
Si l'on adopte, par exemple, un décimètre sur le papier, pour représenter tout ce qui a un mètre dans la nature, le plan sera dit levé ou dessiné à l'échelle de $\frac{1}{10}$; de même l'échelle sera de $\frac{1}{100}$, si l'on adopte un centimètre sur le papier pour représenter 1 mètre de la nature ; elle sera de $\frac{1}{1000}$, si on prend sur le papier un millimètre pour représenter 1 mètre de la nature, et ainsi de suite.

72 La comparaison entre les dimensions naturelles et celles qui leur correspondent graphiquement, se fait très facilement par des ouvertures de compas portées sur l'échelle du plan, qui est construite de manière à présenter les différents multiples de l'unité graphique.

73. La construction de ces échelles devient très facile dès qu'on en a vu quelques exemples ; c'est pourquoi nous donnerons les trois cas suivants :

Construction d'une échelle, l'unité de longueur tenant sur le papier.

74. L'unité de longueur pouvant tenir sur le papier : proposons-nous, par exemple, de construire l'échelle de $\frac{1}{17}$, le pouce étant l'unité de longueur.



AB = un pouce, BO est menée de manière à faire avec AB un angle aigu quelconque. Sur BO non définie, on porte 15 ouvertures égales de compas ; cette ouverture de compas est d'une grandeur convenable, mais arbitraire. On joint la dernière division O avec A ; puis on mène par tous les points de divisions de Bo , les parallèles à la base AB du triangle ABO .

Il est évident, d'après la théorie des parallèles, que cd sera $\frac{1}{17}$ de AB , ou du pouce ; que $C2$ sera $\frac{2}{17}$ de AB ; que $C3$ sera $\frac{3}{17}$; etc., que $C14$ sera $\frac{14}{17}$ de AB .

Par le point O , on mène la ligne indéfinie OX parallèle aux petites parallèles $C4$, $C10$,... etc. On prolonge $C10$, indéfiniment ; on porte sur OX , la parallèle $C10$, autant de fois que l'on veut, ce qui donne sur OX , les points de divisions 10, 20, 30... etc., par lesquels on mène les parallèles $10b$, $20b$, $30b$..., etc.

D'après cette construction, on conçoit de suite que l'ouverture de compas, CM , par exemple, donnera $\frac{14}{17}$ du pouce ; que l'ouverture de compas CP donnera $\frac{12}{17}$ du pouce, etc.

Ainsi, 14 pouces de la nature seront représentés sur le dessin de réduction par la longueur Cm donnée par l'échelle, de même 28 pouces de la nature seront représentés sur le dessin par la longueur Cp donnée par l'échelle.

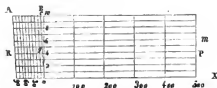
Réciproquement, une longueur Cm du dessin de réduction indiquera que la longueur correspondante de la nature est de 14 pouces, et que Cp correspond dans la nature à 28 pouces.

Construction d'une échelle, l'unité de longueur ne tenant pas sur le papier.

75. Lorsque l'unité de longueur sera trop grande pour être contenue sur le papier, on l'exprimera en fonction de la plus petite subdivision qui s'y trouve ordinairement marquée.

Supposons, par exemple, qu'il s'agisse de construire l'échelle de $\frac{1}{111324}$, le mètre étant l'unité de longueur : ce qui signifie qu'un mètre de longueur dans le dessin de réduction représentera 10000 mètres de la nature.

D'où	1 mètre dessin	=	10000 mètres nature.
	0,1	=	1000
	0,01	=	100
	0,001	=	10



On prend $AB = 0,01$ sur le mètre ; on divise AB en 10 parties qui seront par conséquent de $0^{\text{e}},001$ chaque ; on mène Bo indéfinie, sous un angle quelconque, ou droit, avec AB et l'on porte dessus 10 ouvertures égales de compas ; on mène par chaque petite division les parallèles OX , 6 *m.*... etc. à AB . Sur le prolongement de OX , vers 90, on porte neuf parties égales aux dix petites parties de AB , c'est-à-dire 9 millimètres ; on joint oc et toutes les autres divisions de AB et de 0,90, comme l'indique la figure, puis sur OX on porte $A B$ autant de fois que l'on voudra, de manière à obtenir les divisions 100, 200, 300, 400, 500..., etc. ; on mène par ces points de division, les parallèles à BO et on a une échelle propre à donner tous les multiples désirés.

D'après cette construction, une ouverture de compas égale à Pg donnera sur le dessin une longueur correspondante à 504 mètres de la nature. De même, une ouverture de compas égale à PR donnera une longueur correspondante à 594 mètres de la nature, etc.

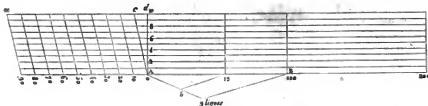
Cas où les divisions de l'unité de longueur n'ont pas un rapport commun avec les divisions de l'échelle.

76. Proposons-nous encore, comme dernier exemple, de construire l'échelle de $\frac{1}{4000}$ la toise étant l'unité de longueur, ce qui signifie qu'une toise de longueur sur le dessin de réduction représentera 4000 toises de la nature.

La toise étant équivalente à 86½ lignes, on aura :

86½ lignes du dessin	=	4000 toises de la nature.
86½		
10	=	400
86½		
40	=	100
108		
5	=	100
$\frac{12 \times 9}{5}$	=	100

d'où l'on voit qu'une quatrième proportionnelle à 5, 9, 12 lignes, dans le dessin, représentera 100 toises de la nature.



Au moyen de la longueur de la *ligne*, prise sur une mesure, on construit par les parallèles la longueur de AB, comme l'indique la figure, quatrième proportionnelle à 5, 9 et 12 lignes; et, cette longueur de l'échelle une fois trouvée pour représenter 100 toises de la nature, on achève la construction de l'échelle, ainsi que l'indique la figure.

Nous ferons seulement remarquer que cd , qui représente $\frac{1}{14}$ de $dm = AB$, et qui vaut sur le dessin 10 toises de la nature, aurait pu se trouver directement en construisant cd quatrième proportionnelle à 25, 9 et 6 lignes; puisque $\frac{861}{400}$ lignes dessin = 10 toises nature ou $\frac{6 \times 9}{25}$ lignes dessin = 10 toises nature.

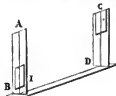
Rapporteur.

77. Lorsque les opérations sur le terrain ont fourni des angles qu'il est essentiel de tracer sur le plan, on se sert pour cela d'un instrument nommé *rapporteur*. C'est un demi-cercle en cuivre ou en corne, dont le limbe est divisé de 0° à 200 et de même en demi-degrés : le numérotage procède tant dans un sens qu'en sens contraire; on a marqué en outre sur une demi-circonférence concentrique, les arcs de 200 à 400 , afin d'évaluer ceux qui dépassent 200 .

La manière de s'en servir est trop facile pour en donner ici une description; nous dirons seulement que, lorsque les directions à tracer sont un peu grandes, il vaut mieux se servir de la table des cordes, calculée par M. Francœur (voir sa *Gonéométrie*).

Alidades, Pinnules.

78. Lorsqu'on pointe les signaux en topographie, on se sert d'un appareil dont la forme varie selon la construction de l'instrument. En décrivant celui dont on se sert pour les levés à la planchette, on comprendra tous les autres.



L'alidade est une règle mobile qu'on dirige vers les objets dont on veut déterminer la position relative, en les prenant pour point de mire. Cette règle porte à ses deux

extrémités des lames de cuivre A B, C D perpendiculaires à la règle, sur laquelle ces lames sont articulées à charnière, afin de pouvoir se rabattre et se coucher sur elle-même quand on n'opère plus, et pouvoir les transporter dans une boîte. Ces lames sont dites *pinnules*. Chacune d'elles a une petite fente verticale très étroite, contre laquelle on applique l'œil, et une fenêtre à jour, dans le milieu de laquelle est tendu un fil perpendiculaire à la règle. Elles sont disposées en sens opposé sur les deux pinnules : de manière à ce que la fente de l'une corresponde horizontalement à la fenêtre de l'autre, et le plan passant par le fil et la fenêtre opposée contient la ligne I D qui forme le bord de la règle I D.

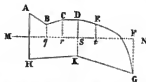
Régler le plan de collimation de l'alidade.

79. Lorsqu'on aligne l'alidade, d'un point sur un objet, c'est-à-dire lorsque la fente et le fil de la fenêtre opposée paraissent coïncider avec l'objet, cet alignement détermine un plan de collimation perpendiculaire au plan de la règle, et qui doit exactement raser le bord I D de la règle. Pour vérifier si cette condition est remplie, on trace avec un crayon la position de I D dans cet alignement, sur un papier fixé à la planchette qui supporte l'alidade, puis on la retourne bout pour bout en visant le même objet. On voit si la nouvelle position I D coïncide avec la première ou si elles font angle. Dans le premier cas, le plan de collimation donné par cet alignement coïncide avec le premier; sans cela, il y aurait erreur, et il faudrait déplacer le fil suffisamment, et par tâtonnement on la ferait disparaître. Du reste, cette vérification devient inutile dans les levés à la planchette, comme on le verra article 83.

Lorsque les signaux sont éloignés, on se sert d'une lunette au lieu de pinnules. Cette lunette a, à son foyer, deux fils en croix qui servent à pointer. Si l'on avait à rectifier l'erreur de collimation, il serait alors important que la lunette fût montée sur un axe qui lui permit un mouvement de bascule complet au-dessus de l'alidade, afin de vérifier la croisée des fils par le retournement.

Equerre d'arpenteur.

80. L'équerre d'arpenteur est une espèce de pomme de canne, coupée par deux fentes rectangulaires et verticales qui servent de pinnules. L'ensemble présente, pour ainsi dire, deux alidades placées à angle droit : ce qui permet, en pointant alternativement avec l'une ou l'autre alidade, de faire planter deux jalons sur deux directions, se coupant à angle droit au pied de l'équerre. Cet instrument sert à lever le plan de pièces de terre et à mesurer l'étendue superficielle, en permettant de tracer des lignes à angle droit.



Si l'on voulait, par exemple, s'en servir pour lever le plan d'un champ de la forme

ABCDEFGKH, on pourrait tracer avec des piquets une ligne droite MN et chercher, sur cette droite, les positions g, r, s, t, f , où il faudrait planter l'équerre pour élever les ordonnées qui leur correspondent, de manière à déterminer les points qui caractérisent la figure et donnent des petites figures mesurables exactement ou d'une manière très approchée. Les longueurs nécessaires étant prises à la chaîne métrique sur le terrain, on les rapportera à l'échelle du plan sur un papier. Ce plan sera réduit à l'horizon quand les lignes mesurées seront horizontales. Cette opération est si simple que nous ne donnerons pas plus de détails.

Vérification des pinnules de l'équerre.

81. Avant d'opérer, il faut avoir soin de vérifier les pinnules. Pour cela, on vise par ces pinnules et on fait planter deux jalons dans leurs directions; puis on fait pivoter l'instrument sur la douille qui le supporte, de manière à amener à droite la fente qui était à gauche, et on voit si la pinnule qui suit coïncide rigoureusement avec le jalon de droite, quand la première est ajustée sur le jalon de gauche; si cela n'avait pas lieu, il faudrait, par tâtonnement, corriger les fils des pinnules et arriver à la coïncidence parfaite, après les retournements.

Graphomètre.

82. Le *graphomètre*, plus simple et plus portatif que le cercle répétiteur et le théodolite dont nous avons donné l'usage en géodésie, est destiné comme eux à mesurer les angles que forment deux droites dirigées d'un lieu de station à deux signaux éloignés.

Il est formé d'un limbe divisé en forme de rapporteur, pourvu de deux alidades pour pointer les objets, et monté sur un genou qui permet de diriger son plan à volonté en tous sens.

Une des alidades, fixe sur le limbe, porte deux pinnules perpendiculaires au plan du limbe, dont les fils partagent en deux la fenêtre et sont disposés comme dans l'alidade décrite 73. Les deux fils déterminent un plan perpendiculaire au limbe passant par le diamètre noté o et 200° .

L'autre alidade, placée sur une règle mobile autour du centre, porte aussi deux pinnules un peu moins écartées du centre que les premières. Dans ses rotations autour du centre, cette règle rase le limbe en entraînant avec elle un vernier qui sert à apprécier les fractions de minutes; et, lorsqu'elle est amenée sur le diamètre de l'autre alidade, les fils des quatre pinnules doivent être en coïncidence parfaite dans leur alignement.

Vérifications de l'instrument.

83. Dans cet instrument, le centre de l'axe de rotation doit être exactement le même que celui de l'arc divisé; la ligne de foi des pinnules de l'alidade fixe doit être rigoureusement dirigée sur le diamètre o° et 200° ; enfin, la ligne de foi des pinnules de la règle mobile doit aussi passer par le centre.

L'instrument ainsi réglé, on peut s'en servir pour mesurer des angles horizontaux ou verticaux.

Mesure d'un angle horizontal.

84. *Mesure d'un angle horizontal.* — Pour mesurer un angle horizontal, on commence par mettre le limbe dans la position horizontale, au moyen de deux niveaux placés à angles droits et qui font partie du limbe ; puis on fait tourner le limbe du graphomètre de manière à faire coïncider le 0° avec l'un des signaux ; on fixe le limbe dans cette position, et l'on dirige l'alidade mobile sur l'autre signal (le choix du signal de droite ou de gauche pour commencer, dépend évidemment du sens dans lequel marche la division) ; l'angle ainsi trouvé, est réduit à l'horizon : les objets étant élevés ou abaissés suivant des verticales, relativement au plan du limbe.

Mesure d'un angle vertical.

85. *Mesure d'un angle vertical.* — Pour mesurer un angle vertical, on fait tourner le limbe dans son genou, de manière à l'amener dans la position verticale, au moyen d'un fil à plomb. On pointe un des signaux avec l'alidade O et l'autre signal avec l'alidade mobile : ce qui donne la mesure angulaire d'un sommet au-dessus de l'autre ; si on voulait l'élévation d'un signal au-dessus de l'horizon, l'alidade fixe porte un niveau à cet effet ; ou met ce niveau dans ses repères et on pointe le signal avec l'alidade mobile : ce qui donne la hauteur de ce signal au-dessus de l'horizon.

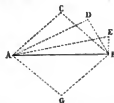
Graphomètre à boussole.

86. Le graphomètre est encore armé d'une petite boussole (voir 91), dont le diamètre nord et sud, ou la division zéro de son cercle gradué, est parallèle au diamètre du limbe : elle sert à orienter les plans et à diriger l'alidade fixe sur les signaux qu'on ne découvre pas, mais dont elle indique l'orientation.

Au lieu de pinnules, les grands graphomètres portent des lunettes analogues à celles que nous avons décrites article 44, et dont les fils se règlent de la même manière. La lunette fixe est placée sous le limbe et la lunette mobile, en-dessus.

Levé d'un plan au graphomètre par la méthode d'intersection.

87. Cet instrument sert à beaucoup d'opérations topographiques : si l'on veut, par exemple, lever un plan par la méthode intitulée *méthode d'intersection*, on commence par mesurer une base AB sur le terrain, avec une chaîne métrique, à moins que l'on en ait une favorable fournie d'avance par la géodésie.



Puis, stationnant aux deux extrémités A et B, avec le graphomètre, on fera le relevé

de tous les angles que donnent les signaux C, D, E, G, visibles des deux stations, avec la base A B. Le graphomètre étant horizontal, ce dont on s'assure au moyen des deux niveaux, tous ces angles sont réduits à l'horizon. On inscrira toutes ces valeurs sur un croquis, et de retour au cabinet, on pourra prendre sur un papier, une base à une échelle donnée, pour représenter A B, et rapporter tous les angles avec un rapporteur, et les intersections donneront sur le papier les positions correspondantes des points C, D, E et G de la nature.

En mesurant avec un compas et l'échelle, les distances de toutes ces intersections sur le plan, elles devront correspondre aux distances AC, AD, AE, etc., qu'on n'a pas mesurées sur le terrain ; et, si l'opération a été bien faite, ces longueurs pourront à leur tour servir de bases pour déterminer d'autres points que l'on n'aurait pas découverts des stations A et B.

Le graphomètre sert, d'après cela, à trouver la distance entre des points inaccessibles par la méthode d'intersection ; mais il faut n'employer que des angles de bonne condition, c'est-à-dire qui ne soient ni trop obtus, ni trop aigus, qui, par leurs mauvaises intersections, donneraient un tracé défectueux vu l'incertitude que laisse le recouplement des lignes.

Par cheminement.

88. On opère plus exactement en faisant autant de stations qu'il y a de signaux, en contournant l'ensemble et mesurant chaque distance lorsque la chose est possible. Cette méthode est celle de *cheminement*.

Déclinatoire.

89. Le *déclinatoire* se compose d'une boîte qui a la forme d'un rectangle plus ou moins allongé, au centre duquel est suspendue, sur un pivot, une aiguille aimantée. On sait que l'aiguille aimantée, lorsque rien ne l'empêche d'obéir à l'action magnétique, se dirige vers le nord, non pas exactement, mais en faisant avec le méridien un angle qui varie en raison du temps et des lieux, suivant une loi inconnue jusqu'à ce moment. Cet angle se nomme la *déclinaison*. Il indique l'angle que fait le *méridien magnétique* avec le *méridien du lieu*. Les variations de l'aiguille ne s'opèrent pas d'une manière brusque ; elle a un mouvement graduel qui la porte vers l'ouest et éprouve chaque jour des oscillations à peu près régulières, mais qui sont négligeables dans le cours des opérations, parce qu'elles sont au-dessous des erreurs d'observation ; de plus, le mouvement graduel qui la porte vers l'ouest est tellement lent, que le méridien magnétique étant trouvé de direction, on peut s'en servir pendant une campagne entière.

La boîte du déclinatoire contient, à ses deux extrémités, deux arcs gradués faisant partie d'un limbe tourné de manière que $0^{\circ}, 200^{\circ}$, ou la ligne nord-sud, soit exactement parallèle aux plus grands côtés de la boîte.

Trouver la déclinaison de l'aiguille. — Tracé de la méridienne.

90. Lorsqu'on a la direction d'un méridien, en orientant le grand côté de la boîte

sur ce méridien, l'aiguille prendra sa position suivant le méridien magnétique, et donnera sur l'arc la lecture de l'angle de déclinaison; mais, le plus ordinairement, la géodésie fournit la projection d'un côté de triangle et son azimut; on trace alors ce côté et le méridien sur une planchette; on oriente la planchette sur le côté donné (99) et on fait coïncider le grand côté de la boîte du déclinateur avec le méridien: alors l'aiguille marque la déclinaison. Cette déclinaison est actuellement d'environ 25° vers l'ouest. Réciproquement, lorsqu'on connaîtra la déclinaison, on pourra orienter par rapport au méridien, un plan où le méridien ne serait pas tracé, mais où on aurait la projection d'un côté; on orientera la planchette suivant ce côté, et on fera tourner la boîte du déclinateur de manière à faire placer l'aiguille à la déclinaison donnée, et le grand côté du déclinateur donnera la direction du méridien et fera connaître l'azimut du côté projeté d'avance. On conçoit que ce moyen n'est qu'approximatif, en raison du peu de longueur de l'aiguille d'une part et du côté de la boîte de l'autre.

Si la déclinaison n'est pas connue à l'avance dans le lieu où l'on doit opérer, et que la géodésie n'ait pas fourni d'azimut pour la trouver, il faudra, dans ce cas, chercher soi-même l'angle d'un côté du canevas avec la méridienne, ou, ce qui revient au même, tracer la méridienne pour trouver ensuite l'angle d'azimut.

On peut y arriver par plusieurs moyens :

1^o *Par les hauteurs solaires correspondantes.*

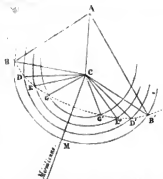
Supposons que sur un terrain bien horizontal, on ait tracé une circonférence BMB', et qu'on ait placé une tige CA, bien verticale au centre C.

On observe, avant midi, l'instant où le soleil projette l'ombre de l'extrémité A, sur cette circonférence, soit B, cette projection qu'on a soin de marquer. On suit, après midi, le progrès de l'ombre jusqu'à ce qu'elle se termine en B' sur le même cercle; on divise l'arc BMB' en deux parties égales, ce qui donne le point milieu M, et le rayon CM détermine sur le plan horizontal la direction de la méridienne.

Cette construction serait rigoureusement exacte, si le soleil décrivait des cercles parallèles à l'équateur; mais chaque jour il parcourt, obliquement à ce plan, un petit arc d'écliptique d'environ un degré.

Ainsi, l'astre ne restant pas du matin au soir dans le même cercle de déclinaison, excepté vers les solstices, la ligne CM doit éprouver une légère correction; comme cependant, à aucune époque de l'année, le mouvement solaire en déclinaison ne surpasse pas 1 par heure, on voit que dans le tracé dont il s'agit, on peut négliger une aussi petite erreur.

On est dans l'usage de tracer plusieurs cercles concentriques DD', FF', GG', etc., afin de pouvoir faire une opération analogue sur chacun d'eux, et tous les milieux de ces arcs doivent être sur une même droite, qui est la méridienne CM, lorsque l'opération est bien faite.



On peut encore tracer la courbe hyperbolique BDEGG'F'D'B' que décrit l'extrémité de l'ombre du matin au soir, en marquant de temps à autre quelques-uns de ces points qu'on joint ensuite par un trait continu. Puis on décrit ensuite des cercles concentriques qui donnent pour sections des points également éloignés deux à deux de la méridienne.

On peut remplacer la tige CA par un fil à plomb qui corresponde exactement au-dessus du centre C, et qui porterait sur sa longueur une petite sphère, dont le centre tiendrait lieu de l'extrémité A.

On se sert encore quelquefois d'une tige terminée par un disque percé d'un trou, pour laisser passer un rayon solaire, qui peint sur le plan horizontal un ovale lumineux dont on marque le centre. Il faut alors que le trou de la plaque soit placé en A, verticalement au-dessus du centre C des cercles concentriques.

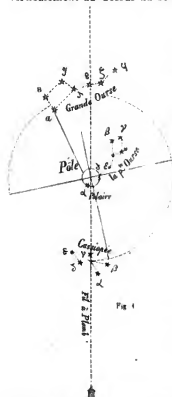
2° *Par le soleil levant et le soleil couchant.* — Pour ce genre d'observation, il faut regarder le soleil avec la lunette de l'instrument qui sert à prendre l'angle entre le signal et son lever et ce même signal et son coucher; ce qui exige à la lunette un verre noirci, afin de pouvoir fixer le soleil.



A la station C, on veut trouver l'azimut du côté CA aboutissant à un signal A; au soleil levant on observe l'angle (S levant-CA); au soleil couchant on observe l'angle (AC-S couchant), on partage l'angle (S levant C. S. couchant) en deux par la ligne CM, qui est alors la méridienne, et l'angle MCA est l'azimut du côté CA. On fait cette opération plusieurs jours de suite, ce qui donne une moyenne pour la direction de la méridienne.

3° *Par les étoiles.* (Fig. 1). — On pourrait aligner l'étoile polaire (α de la petite Ourse) en se plaçant derrière un fil à plomb et faire placer un signal de feu ou blanc, visible de nuit, dans cet alignement, ce qui donnerait une ligne méridienne approchée. Comme la polaire est à $1^{\circ}.36'$ du pôle, on conçoit la déviation que ce pointé peut apporter. Mais, si on choisit l'instant où l'étoile est au méridien, ce qui arrive à peu près quand elle se trouve dans le fil à plomb avec γ de

Cassiopeïe, ou avec ϵ , la première des trois de la queue de la grande Ourse, on aura la direction de la méridienne d'une manière plus approchée. (En géodésie, on opère rigoureusement au moyen des elongations de la polaire, voir les observations astronomiques sur ce sujet.)



Boussole.

91. La *boussole* sert aux levés de détail; elle repose, comme le déclinateur, sur la propriété de l'aiguille aimantée; pour éviter les méprises, on est dans l'usage de laisser en blanc le bout de l'aiguille qui marque le *sud*; celui qui marque le *nord* est bleu. L'aiguille est suspendue horizontalement sur une pointe d'acier située au centre du limbe divisé: de manière que, dans ses oscillations, ses pointes affleurent toutes les divisions du limbe lorsqu'il est placé horizontalement. Le tout est renfermé dans une boîte carrée, recouverte d'un verre qui permet de voir les mouvements de la division par rapport à l'aiguille, en tournant la boîte de manière à orienter ses arêtes, et qui empêche l'air d'agir sur l'aiguille. Quand on n'opère plus, on soulève l'aiguille par un petit ressort situé dans l'angle de la boîte et qui la presse contre le verre de manière à arrêter ses oscillations et ne pas user inutilement le pivot de suspension.

Boussole déclinée ou non déclinée.

92. Dans plusieurs boussoles, le fond qui porte le limbe gradué est mobile à volonté, au moyen d'un petit appareil qui permet de faire correspondre la ligne 0° à 200° avec deux index fixés à la boîte, ou de faire indiquer à l'index *nord* la déclinaison connue de l'aiguille; dans le 1^{er} cas, la boussole n'est *pas déclinée*, dans le 2^e cas, elle est *déclinée*. Nous verrons qu'on peut lever avec l'une ou avec l'autre; ce n'est qu'une affaire d'orientation pour le plan.

Nous supposons la boussole non déclinée; c'est-à-dire que la ligne 0° à 200° correspond avec les deux index de la boîte. Le côté de cette boîte, parallèle à la ligne des index et à celle de 0° à 200° , porte une lunette qui se meut par un mouvement de bascule autour de son centre, dans un plan vertical, lorsque le plan du limbe est horizontal, et l'axe optique de cette lunette doit être parallèle à la ligne 0° à 200° des deux index.

Pour opérer, on place le limbe à peu près horizontal, en faisant tourner convenablement la boîte dans le genou qui la supporte; on lâche le ressort de l'aiguille pour la rendre libre; on attend qu'elle ait terminé ses oscillations pour prendre sa direction nord-sud; alors on fait tourner la boîte comme si, avec la petite lunette, on voulait pointer tous les objets à l'horizon de son limbe; dans cette rotation, l'aiguille suspendue reste horizontale et ses deux extrémités doivent affleurer la division du limbe. Si cela n'a pas lieu, c'est que le limbe n'est pas horizontal; alors on donne un peu de liberté à la vis du genou et on rectifie l'horizontalité du limbe; enfin, lorsqu'on l'a obtenue, on serre définitivement la vis du genou. Du reste, le degré de précision des opérations faites avec cet instrument n'exige pas que l'horizontalité du limbe soit vérifiée d'une manière plus rigoureuse.

93. La boussole n'étant pas déclinée, la ligne des index, c'est-à-dire de 0° à 200° , indiquera le méridien magnétique lorsque le bout bleu de l'aiguille sera à 0° , et l'axe optique de la lunette sera aussi dans cette direction, en sorte que l'oculaire étant dirigé du côté de 0° , on pointera un objet dirigé vers le nord du méridien magnétique. Si, au contraire, la boussole est déclinée, la lunette pointerait un objet vers le vrai nord.

Mesure des angles à la boussole.

94. Pour mesurer des angles avec la boussole, on fera tourner la boîte afin de pointer les objets avec la lunette, et, dans cette rotation, la boîte entrainera avec elle la division du limbe, et, comme l'aiguille reste constamment dans la direction N.-S., le nombre de grades qu'on lira sera l'orientation de chaque rayon visuel avec l'aiguille; alors, pour avoir les angles entre deux objets, il ne restera plus qu'à combiner convenablement leurs orientations. Tous ces côtés seront connus d'orientation avec le méridien magnétique, si la boussole n'est pas déclinée; au contraire, ils seront connus d'orientation avec le méridien, si la boussole est déclinée.

Pour éviter les erreurs, il faut adopter définitivement l'une des pointes de l'aiguille et ne lire, par exemple, que celle qui est passée au bleu.

Alors la lunette sera dirigée vers le N. lorsque l'objectif sera vers 0° et que l'aiguille marquera 0°, et pour tous les objets situés dans le demi-tour d'horizon-est, les orientations seront depuis 0° nord jusqu'à 200° sud, et tous les objets situés dans le demi-tour d'horizon-ouest, auront leurs orientations comprises entre 200° sud et 400° nord.

Vérifications de la boussole.

95. Les vérifications de la boussole ont pour but de s'assurer : 1° que le pivot de suspension de l'aiguille est bien au centre du limbe gradué; car, si cela n'a pas lieu, de toutes les positions que peut prendre la boussole, relativement à l'aiguille, une seule fournira une lecture conforme à la vérité : ce sera lorsque l'aiguille sera dirigée sur la ligne du vrai centre et du centre faux. Le maximum d'erreur aura lieu lorsque l'aiguille aura une direction perpendiculaire à la ligne de ces deux centres. On peut, dans ce cas, pour une position quelconque, connaître la correction à faire à la lecture; pour cela, on pointe un objet et on lit la division, puis on retourne la boîte à 200°; on fait basculer la lunette bout pour bout et on pointe de nouveau l'objet, le faux centre sera reporté de l'autre côté du vrai centre d'une quantité égale à sa distance première, mais en sens inverse, et la lecture différera de la première d'un petit arc, qui sera le double de l'erreur. Si la différence est peu considérable, il faudra la négliger; mais cette manière de pointer double étant trop désagréable dans la pratique, si l'erreur était trop forte, il faudrait faire rectifier le pivot.

2° Le diamètre donné par l'index doit être parallèle à l'axe optique de la lunette; cette condition n'est nécessaire que dans le cas où on veut avoir l'orientation exacte des côtés par la lecture de la boussole; car, dans la mesure des angles, qui n'est que la combinaison des orientations des côtés, l'erreur d'orientation produite par le défaut de parallélisme étant constante pour tous les côtés, les angles ne seront pas altérés. Si l'on voulait s'assurer que cette condition est remplie, on y parviendrait de la manière suivante. L'inclinaison d'un côté, sur le méridien, est toujours la somme ou la différence de l'angle que fait ce côté avec le méridien magnétique et de la déclinaison, suivant que ce côté est situé vers l'ouest ou vers l'est par rapport à la direction de l'aiguille. Si donc on connaît d'avance l'azimut d'un côté et la déclinaison, la quantité dont la lecture

différera de leur somme ou de leur différence sera l'erreur de parallélisme entre la lunette et le diamètre de départ.

On peut, d'après cela, opérer exactement avec une boussole affectée d'une telle erreur : et il suffit pour cela de connaître l'azimut d'un côté ; on tournera la lunette dans la direction de ce côté ; l'aiguille marquera un certain nombre de grades, dont la différence avec l'azimut sera la quantité dont il faudra décliner la boussole.

Cette déclinaison ne sera que relative à l'instrument, et différera de la véritable d'une quantité égale à l'erreur de parallélisme.

Levé à la boussole.

96. La détermination des angles à la boussole est peu précise, et cet instrument imparfait ne sert jamais dans des levés exacts ; il faut ne l'employer que dans des détails dans la projection des côtés, quelle que soit l'échelle, ne dépasse pas en longueur celle de l'aiguille de la boussole. L'usage en est si facile et si prompt, qu'il est fort utile dans ces petits détails.

Après avoir fait planter des signaux aux angles d'un polygone, on opère par la méthode de *cheminement*, qui consiste à faire le tour entier du polygone qu'on veut lever, en ne stationnant que de deux en deux jalons. On oriente ainsi chaque côté avec la boussole et on le mesure ; on trace ensuite toutes les orientations sur le papier avec le rapporteur à l'aide du méridien ; on rapporte dessus les distances mesurées, dans les proportions données par l'échelle du plan, et, si l'on a bien opéré, le polygone doit se fermer sur le papier. Cela arrive rarement ; et on juge de l'importance des erreurs qui affectent principalement les angles, puis on fait subir une petite correction. Si, en cheminant, on remarque quelque objet intérieur ou extérieur qu'il soit utile de déterminer, il est facile de le faire sans s'y transporter, en suivant la méthode des *intersections*.

Comme la boussole n'exige pas qu'on puisse apercevoir tous les signaux qu'on veut lever, si ce n'est l'un après l'autre, elle est un excellent moyen pour lever le cours d'un ruisseau et les sentiers des forêts.

Les orientations prises à la boussole ont besoin d'être tracées sur le plan, de retour au cabinet, ce qui retarde l'opération.

On se sert avec plus d'avantage, comme nous le dirons (88), d'une petite planchette, orientée à l'aide d'un déclinatoire, qui permet de tracer de suite les directions en opérant sur le terrain. Ce moyen, plus expéditif, est aussi moins sujet à erreur.

Boussoles à éclimètre.

97. En prenant l'orientation des côtés, on peut aussi prendre des angles de hauteur, ce qui est indispensable pour le nivellement du terrain qui s'exécute, à la carte de France, par l'observation des distances zénithales, ainsi que nous l'avons décrit, chap. 4 ; alors, on a ajouté un cercle vertical, en cuivre, que parcourt la lunette de la boussole dans son mouvement de baseule, et le zéro de ce cercle est sur une ligne qu'on place horizontalement au moyen d'un niveau *ad hoc*. (Voir *Éclimètre*, sa construction et manière de corriger l'erreur de collimation, chap. 4, note, page 57.)

Planchette.

98. La planchette est l'instrument le plus usité pour le levé des plans ; elle permet de faire l'opération en même temps sur le plan, ce qui évite de tracer chez soi les directions au rapporteur.

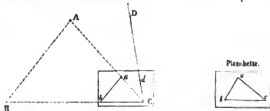
C'est une petite tablette portant sur un genou, que soutient un pied à trois branches et ayant un mouvement qui lui donne la liberté de s'orienter dans tous les sens ; la construction du genou permet de prendre cette orientation par les deux mouvements lents et doux au moyen d'une vis de rappel, sans que ce mouvement dérange de la position horizontale la tablette qu'on a eu soin de mettre dans cet état, d'une manière suffisamment approchée, avant de commencer à opérer, au moyen d'une bille bien ronde, qui ne doit rouler dans aucun sens sur la tablette, quand elle est à sa position horizontale.

Les planchettes bien conditionnées ont le mouvement doux, dans le cercle azimutal, au moyen d'une vis de rappel, et ne doivent pas être susceptibles de se voiler à l'ardeur du soleil. Elles ont, à chacun des côtés opposés de la tablette, deux rouleaux qui servent à tendre et à rouler le papier sur lequel on a tracé à l'avance les positions données par la triangulation, et ce papier est ordinairement collé sur mousseline pour préserver le dessin de déchirure pendant la durée de l'opération. En cas de pluie, le tout se recouvre d'une toile imperméable.

Levé à la planchette avec données préalables.

99. On veut opérer avec des points placés à l'avance et donnés par une triangulation ; ou bien, on veut lever un plan sans données préalables.

1^{re} Cas. — Soient donnés les points a, b, c de position sur la planchette, qui correspondent aux points A, B, C du terrain :



on se transporte au point C du terrain, et on se place de manière à ce que le point c de la planchette soit exactement sur la verticale du point C du terrain ; on applique la ligne de foi d'une alidade sur ca , et on fait tourner la planchette de manière à ce que la visée de la lunette corresponde avec le signal A. La planchette sera alors ce qu'on nomme orientée sur le terrain, et on la fixait immobile dans cette position, au moyen d'une vis de pression, si on pique une aiguille en c sur le plan et qu'on fasse pirouetter l'alidade autour de ce point pour la diriger sur cb , sa visée donnera juste sur le signal B du terrain dans cette direction. On conçoit alors que, pour placer sur le plan la position d'un autre point D du terrain que la triangulation n'aurait pas fourni, il n'y aurait qu'à faire pirouetter l'alidade autour du point c , jusqu'à ce que la visée soit dirigée sur l'objet D et

tirer avec un crayon le long de la ligne de foi de l'alidade, la ligne indéfinie cD ; mesurant ensuite sur le terrain la distance CD et rapportant cette longueur sur cD dans la dimension cd donnée par l'échelle eboisie, on aura sur le plan la position d qui correspond à celle de D sur le terrain, et ainsi de suite pour les autres points visibles de C et mesurables.

Levé à la planchette sans données préalables.

100. 2^e Cas.—Si l'on veut placer sur la planchette trois points A, B, C du terrain, sans triangulation préalable.

Ou établira la planchette au point C ; on arrêtera son orientation arbitrairement et en visant avec l'alidade les signaux A et B ; on marquera sur la planchette les lignes indéfinies CA et CB . La seule attention à avoir, dans les positions successives de l'alidade, c'est d'obtenir l'intersection c sur la planchette, de manière à laisser de la place pour les autres objets. On mesurera CB , et on placera sa longueur cb correspondante à l'échelle du plan; on se transportera ensuite en B en faisant coïncider le point b avec la verticale du point B ; on orientera la planchette sur BC au moyen de l'alidade, comme dans l'exemple précédent; alors, pour placer le point A , on fera pivoter l'alidade autour du point b , jusqu'à ce que sa visée passe par l'objet A , et on aura la direction bA qui, par son intersection avec la direction indéfinie ca , donnera la position du point a .

Erreur de collimation à la planchette.

101. La lunette doit être réglée, comme nous l'avons dit, de manière à ce que sa ligne de foi et son axe soient parallèles, sans quoi, il y aurait l'erreur de collimation (73); mais ici, cette erreur d'orientation n'entraîne aucun inconvénient; car, si la planchette éprouve, par suite de la collimation, une erreur d'orientation, en pointant les autres points avec la même lunette, l'erreur sera constante, ou, autrement dit, les angles donnés par la lunette seront les mêmes que ceux donnés par la ligne de foi.

102. Les levés à la planchette se font, soit par la *méthode des intersections*, soit par la *méthode des cheminements*, soit par la *méthode de rayonnement central*; on concevra facilement ces trois procédés, en s'appuyant sur ce que nous venons de dire dans les deux cas précédents, et ces procédés se combinent entre eux, suivant les cas qui se présentent.

Méthode d'intersection.

103. La méthode d'intersection se fait comme celle que nous avons exposée à l'article 87 du graphomètre; seulement ici les angles mesurés sont de suite tracés sur la planchette. Ainsi on mesure une base, ou on se sert d'une base connue, qu'on place convenablement sur la planchette au moyen de l'échelle du plan, et de manière à ce que le plan puisse contenir tous les objets qu'on veut rattacher à cette base; puis on se transporte alternativement à chaque extrémité de la base, en orientant la planchette comme précédemment sur cette base, et traçant ensuite avec l'alidade visée successivement sur chacun des points visibles, toutes les directions de ces points, et les intersections donneront les positions de ces points.

Méthode de cheminement.

104. La méthode de cheminement indiquée (88) est plus longue, mais plus exacte. Pour lever un polygone, on stationne successivement à chaque angle en s'orientant successivement sur le point qu'on vient de quitter et on mesure tous les côtés. L'opération se trouve vérifiée, lorsqu'en fermant le polygone le tracé se trouve aussi bien fermé.

Cette méthode de cheminement est, comme on le voit, très commode pour lever des endroits fourrés, qui ne laissent apercevoir que le point de départ et le point d'arrivée.

Méthode de rayonnement central.

105. La méthode de rayonnement central consiste à établir la planchette à une seule station, ordinairement dans l'intérieur de la figure qu'on veut lever, en choisissant ce point de manière à pouvoir découvrir tous les autres.

On dirige successivement l'alidade sur tous ces points : ce qui donne autant de directions que l'on trace au crayon, et on mesure ensuite à la chaîne toutes les distances qu'on rapporte à l'échelle sur chaque direction respective.

Planchette avec le déclinatoire.

106. Le *déclinatoire* abrège beaucoup l'orientation de la planchette.

Pour s'en servir, on oriente la planchette, comme nous l'avons indiqué, sur des points connus ; puis on place le déclinatoire sur la planchette en faisant tourner sa boîte de manière à ce que l'aiguille batte juste sur sa ligne N.-S. Alors on trace avec un crayon, le long de la boîte, une ligne qui sera ensuite ligne de repère pour placer le déclinatoire sur la planchette dans une autre localité, et qui servira par conséquent à orienter la planchette en ce point sans le secours de l'alidade, puisqu'il suffira de la faire tourner de manière à amener l'aiguille du déclinatoire sur sa ligne N.-S.

Cas particuliers. Point de départ.

107. *Du point de départ.* — Lorsqu'on veut placer la planchette de manière à ce que le point donné dessus soit situé sur la verticale du point correspondant au terrain, la chose n'est pas toujours possible, ce point étant quelquefois le centre d'un moulin ou d'un autre objet.

On mesure alors la distance de ce centre aux points où l'on peut s'établir ; et on décrit autour de la projection un petit cercle avec le même rayon pris sur l'échelle : ce qui permet d'abord de choisir, pour orienter la planchette, la direction de l'axe des signaux en se plaçant sur le point d'intersection du petit cercle avec cet axe, et, pour tracer ensuite la direction de tous les autres points, de pointer successivement tous ces points en maintenant l'alidade au point d'intersection de l'axe d'orientation avec le petit cercle, puisque ce point est la projection de celui où est posée la planchette.

Extrémités de la base, inaccessibles.

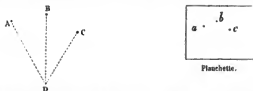
108. *Extrémités de la base, inaccessibles.* — Lorsqu'on veut partir d'une base dont les extrémités ne sont pas accessibles, ce cas exige qu'on connaisse la projection d'un troisième point.



On donne, par exemple, la position du point c , sur la planchette, qui correspond à l'objet C du terrain, et la base ab , qui correspond à la base AB de la nature. Comme on ne peut se placer ni en A ni en B , on cherche, sur le terrain qui les sépare, la position d'un point R quelconque, situé seulement sur l'alignement AB . On se place avec la planchette, en ce point; et mettant l'alidade sur la direction de la base ab , on fait pirouetter la planchette de manière à ce que la visée de l'alidade porte sur les signaux A et B et on arrête la planchette dans cette position. Elle se trouve alors orientée. On plante une aiguille sur le point c de la planchette; on fait tourner l'alidade autour, de manière à ce que sa visée passe par le point C du terrain: alors sa ligne de foi donnera sur ab , un point d'intersection qui sera juste la représentation, sur la planchette, du point R du terrain, et on pourra partir de ce point pour continuer.

Relevé d'un point par trois autres.

109. On peut, au moyen de la planchette, placer un point, au moyen de trois autres connus. Supposons que d'un point D du terrain, et qu'on veut placer sur la planchette, on découvre les trois autres points A, B, C qui sont déjà placés sur la projection en abc .



On sait qu'il suffirait d'observer, au point D , les angles ADB et BDC et de décrire sur ab et bc des segments capables de ces angles, et que leurs intersections donneraient la projection du point D . On peut, avec une feuille de papier transparent, abréger cette opération: on fixe cette feuille de papier transparent sur la planchette; on se place au point D du terrain et par trois visées de la lunette sur les points A, B, C ; on obtient sur le papier transparent les angles ABB et BDC ; on décolle le papier transparent de dessus la planchette et on le fait tourner convenablement sur la projection a, b, c , de manière à ce qu'à travers sa transparence, les trois points a, b, c se trouvent justes et respectivement sur les directions AD, DB, DC ; et, dans cette position particulière, le

point D du papier transparent sera à l'intersection des deux segments capables des angles donnés.

Au moyen du déclinatoire réglé à l'avance sur la planchette, on peut arriver plus promptement ; car en D, on oriente la planchette avec ce déclinatoire (86) et on déterminera de suite la projection du point D sur la planchette par les visées de l'alidade sur les points A, B, C.

Tirer parti d'un point pris hors de la planchette.

110. Il est souvent possible de tirer parti d'un point pris hors de la planchette, et dont la projection serait située hors la marge.



Pour cela, avant d'aller sur le terrain, au moyen de la feuille voisine qui contient la projection du point *c* hors marge de la planchette, on trace, du point C de cette feuille, une ligne CO sous une inclinaison quelconque avec le cadre, et on la prolonge de manière à avoir $DO = CD$. Alors on se servira du point O de la manière suivante :

On veut, par exemple, au moyen du signal en C, déterminer sur une ligne AB connue de projection, un point *b* du sol situé sur cette ligne. On se transporte en *b* avec la planchette ; on l'oriente sur AB et on fait pivoter l'alidade en *o* pour pointer le signal C ; la ligne de foi donne alors la trace OM prolongée jusqu'en M du cadre ; on prend $ND = DM$ et par N, on mène N*b* parallèle à OM, et son intersection *b* avec AB sera la projection du point *b* du sol, car le triangle NDC qu'on ne peut construire, mais qui existe par la construction, est égale au triangle DOM, donc la parallèle NP prolongée passe par le point de projection C ; de plus, elle passe par le signal en C : car la perpendiculaire *oP* qui mesure l'intervalle de ces deux parallèles est sensiblement nulle, comparativement à la distance à laquelle se trouve le signal C : donc, etc.

CHAPITRE II.

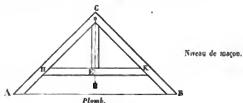
NIVELLEMENT TOPOGRAPHIQUE.

111. Dans le chapitre 4, livre 1^{er}, nous avons expliqué la théorie du nivellement géodésique, et nous voyons comment on arrive par les procédés qui y sont prescrits, à la connaissance des hauteurs absolues des points rapportés à une surface de niveau constante. Ce procédé, employé à la carte de France, convient toutes les fois qu'il s'agit de coordonner les points de la surface d'un pays d'une certaine étendue ; mais pour de petits plans, il est rare qu'on soit obligé de calculer les différences d'élévation au-dessus des mers, et l'on doit préférer les obtenir directement par un nivellement.

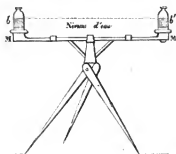
Pour obtenir ces différences de niveau relatives, on se sert de trois sortes de niveaux : celui de maçon, les niveaux d'eau et à bulle d'air.

Niveau de maçon ou à perpendiculaire.

112. Le niveau de maçon, ou à perpendiculaire, se compose d'une équerre ABC, dont les branches sont réunies par une base HK propre à les maintenir à distance. Les branches AC et BC sont égales : et lorsqu'elles sont posées sur une règle horizontale, un fil à plomb suspendu vers le sommet C doit couvrir un trait E marqué sur le milieu de la barre HK, lors même qu'on retourne le niveau bout pour bout.

**Niveau d'eau.**

113. Le niveau d'eau est composé d'un tube métallique MM', dont les coudes, aux deux bouts, sont terminés par deux espèces de bouteille en verre bb'. Le tube et la moitié des bouteilles sont remplis d'eau colorée ; et quand on cesse d'opérer, on bouche les bouteilles pour ne pas renverser le liquide. Le tout est porté par une douille qui termine un pied à trois branches. On conçoit que l'instrument étant en place, lorsqu'on visera les deux surfaces liquides dans les deux bouteilles, on aura une ligne horizontale.

**Mire.**

114. Le pointage du niveau se fait à l'aide d'une mire placée au loin. Elle se compose d'un voyant ABCD qui est divisé en deux par des couleurs différentes : de manière à offrir la ligne horizontale mn bien tranchée. Ce voyant est porté par une tige qui glisse le long d'une règle verticale et divisée ; on le hausse ou on le baisse, selon l'indication de l'observateur, de manière à amener la ligne mn sur la ligne donnée par la visée du niveau. On lit ensuite sur la règle, la hauteur à laquelle le voyant se trouve au-dessus du sol.

Ces deux instruments ne s'emploient que pour des opérations grossières, la ligne de niveau étant établie d'une manière peu certaine ; mais quand on veut faire des nivellements plus précis, on se sert du niveau à bulle d'air avec une mire de bonne construction et bien divisée.

Niveau à bulle d'air.

115. Le tube NN du niveau à bulle d'air est fixé sur une règle AB, de manière à ce que son axe soit exactement parallèle à celui de la règle, ce dont on s'assure par le retournement, bout pour bout.



La règle AB porte deux pinnules C et D percées de trous, dont la direction, qui sert de visée, doit être parallèle à l'axe du niveau : condition dont on s'assure encore par le retournement.

Niveau de Chézy.

116. Le niveau de Chézy n'est autre chose que le niveau à bulle d'air, perfectionné en y adaptant une lunette à réticule qui sert de visée ; et cet instrument est celui qu'on emploie dans les nivellements importants.

On doit d'abord s'assurer si le fil qui sert à pointer est dans l'axe du tube ; pour cela, on fait rouler la lunette dans ses collets pour voir si le fil horizontal peut recouvrir dans deux positions une ligne de mire fixée au loin ; en rectifiant le fil, on arrive par tâtonnement à le placer juste dans l'axe de la lunette.

Il faut ensuite que les axes de la lunette et du niveau soient parallèles. A cet effet, on amène la bulle d'air en son milieu par la vis du système général ; puis, enlevant la lunette de ses collets et la tournant bout pour bout, on voit si la bulle revient au milieu ; dans ce cas, elle est juste ; dans le cas contraire, il faut amener la bulle au milieu en la corrigeant moitié par la vis du système général, moitié par une vis qui attache la lunette au niveau, et par tâtonnement on règle le niveau parallèle à l'axe de la lunette. Alors, on peut procéder au nivellement.

Nivellement simple rapproché.

117. Il est rare que deux points du sol, dont on cherche la différence,



soient assez rapprochés pour qu'on puisse l'obtenir par une seule station intermédiaire, comme pour les deux points B et F. D'ailleurs, il y a souvent des obstacles qui forcent de niveler en les évitant par des circuits; alors on fait l'opération de la manière suivante, par des stations consécutives.

Nivellement composé par stations conjuguées.

118. Soient a, a' , des voyants en A et B pour une première station; $a' - a$, sera la



différence des deux sols; soient b, b' les élévations des voyants en B et C, 2^e station; c et c' celles de la 3^e station entre C et D..., etc., en ajoutant toutes les différences de niveau consécutives, $a' - a, b' - b, c' - c...$, etc., on aura

$$x = a' + b' + c' \dots, \text{etc.} - (a + b + c + \dots, \text{etc.})$$

pour la différence de niveau des deux stations extrêmes. C'est-à-dire la règle suivante à suivre : *Ajoutez toutes les hauteurs des voyants au-dessus du sol, les visées étant prises du côté du point du départ; faites-en autant pour celles qui sont prises du côté du point d'arrivée; la différence de ces deux sommes est celle des niveaux des deux stations terminales. Un résultat négatif annonce que la terminale de départ est moins élevée que la terminale d'arrivée.*

Exemple. — Supposons qu'on ait trouvé

Coups d'arrière		Coups d'avant
2,317		2,818
1,220		2,365
2,568		2,210
3,126		2,117
2,345		0,238
3,232		1,451
1 ^{re} somme 14,808		2 ^{de} somme 11,199
2 ^{de} somme 11,199		
3,609 = différence de niveau.		

Il en résulte, pour cet exemple, que le point terminal de départ est au-dessus du point terminal d'arrivée de 3^e,609.

Comme la ligne du coup de niveau est ici supérieure au sol, il est clair que le point qui a la plus grande cote est le plus bas.

119. Les stations étant conjuguées, la rondeur de la terre et la réfraction n'ont pas d'influence (chap. 4, art. 61); mais si, par un seul coup de niveau, sur une mire placée à une grande distance, on voulait connaître la différence de niveau, il faudrait alors calculer les deux termes $\frac{K'}{2R} - \frac{n \cdot K'}{R} = q K^2$ (de la formule 5', chap. 4, art. 61) qui donnent la correction de sphéricité et de réfraction. On sait que la table II, à la fin du

chapitre 4, fournit $q K^2$, en fonction de K distance des deux points, et en supposant $\log. q = \log. \frac{1}{R} (\frac{1}{2} - n) = 2,81869$.

Nivellement simple à distance.

120. *Exemple.* — Par un seul coup de niveau sur une mire à 2181^m, on a trouvé le sol plus élevé de 4^m484; il faut corriger ce résultat de la sphéricité de la terre et de la réfraction.

L'opération se disposera de la manière suivante :

$$\text{Log. (2181)} = 3,3386557$$

$$2 \log. (2181) = 6,67711 \text{ Cinq décimales suffisent.}$$

$$\log. g = 2,81869$$

$$\log. \text{ de différence} = 9,19580$$

$$\text{différence} = 0,3132$$

$$\text{Niveau observé} = 4^m,884$$

$$\text{Différence} = 0,313$$

$$\text{Niveau exact} = 4,571$$

Dans cet exemple, on a fait le calcul en entier; mais, au moyen des tables citées ci-dessus vis-à-vis la distance $K=21800$, on trouve la correction 31,3, qui, divisée par 100 pour 21 kilom. 81, donnera immédiatement la correction 0,313.

CHAPITRE III.

FIGURÉ GÉOMÉTRIQUE DU TERRAIN.

Théorie des plans cotés.

121. Nous avons exposé dans le livre 2, chap. 1, les moyens employés pour obtenir la *planimétrie* du terrain; et, dans ce même livre, chap. 2, nous avons décrit le nivellement qui fournit les différences de hauteurs des points du sol. Enfin, dans le livre 1, chap. 4, nous avons indiqué comment on arrivait à calculer ces différences à de grandes distances et à avoir la hauteur absolue des points du sol au-dessus d'une surface de niveau constante, celle de la mer moyenne.

Mais on conçoit que, quel que soit le nombre des points projetés de la surface du terrain sur la planimétrie, on n'aura jamais qu'une idée très imparfaite de la forme qu'affecte cette surface, si ces points sont pris isolément.

Courbes horizontales.

122. Cette remarque a suggéré l'idée de concevoir le terrain coupé par une série de plans horizontaux pris en grand nombre; leurs intersections avec la surface du terrain produisent une multitude de courbes horizontales qui, projetées orthogonalement sur la planimétrie, sont très propres à peindre les inflexions et les irrégularités du terrain.

Plans équidistants.

123. En concevant tous ces plans à équidistance, les projections de leurs intersections

avec le sol, indiqueront de suite si une pente est plus ou moins rapide qu'une autre, et l'équidistance étant une fois arrêtée, une seule cote de niveau étant sur une courbe de projection, toutes les autres pourront se calculer de hauteur au moyen de l'équidistance connue.

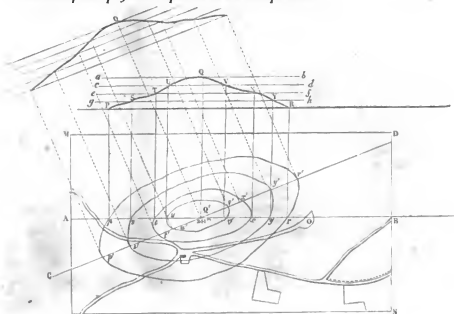
Courbes horizontales obtenues par des profils.

124. Dans la pratique, il est souvent impossible de déterminer immédiatement les courbes de niveau : mais on y supplée par de nombreux nivellements coordonnés entre eux. Pour atteindre ce but, on peut niveler le terrain suivant des lignes droites parallèles entre elles, si cela est possible, ou dans des directions différentes, afin d'obtenir autant de *profils*, c'est-à-dire de sections verticales.

Quand ces profils sont dessinés à l'échelle du plan, on mène dans chacun d'eux des lignes horizontales ayant la même équidistance et la même situation, par rapport au plan de comparaison, qu'ont les plans de section horizontaux dont elles représentent les traces, et alors ces lignes rencontrent celles du terrain, en des points qui appartiennent aux courbes de niveau cherchées ; il ne reste plus alors, pour avoir les projections de ces courbes, que d'en rapporter les points sur la planimétrie et de joindre par des lignes tracées librement, tous ceux de ces points qui ont la même cote de hauteur, c'est-à-dire les points également élevés au-dessus de la surface horizontale prise pour origine des coordonnées verticales.

Exemple.

125. *Exemple de profils et de plans horizontaux équidistants.*



Après avoir obtenu la planimétrie MN, on suit, par exemple, la direction AB sur le terrain, pour obtenir, avec un niveau, le profil PQR en employant le procédé (118); on dessine sur ce profil les traces des plans horizontaux ab, cd, ef, gh , menés à l'équidistance donnée; elles fourniront, avec ce profil, les intersections U, V, T, X, S, Y, qui, sur la planimétrie, seront représentées par leurs projections, u, v, t, x, s, y , sur la ligne A B.

Les points u, v seront donc, sur la même courbe, projection de la section du terrain, obtenue par le plan horizontal cd , de même les points t et x seront sur la même courbe projection de la section du terrain, obtenue par le plan horizontal ef , et ainsi de suite.

Pour obtenir d'autres points de ces courbes en projection, il faudrait obtenir d'autres profils que suivant le plan vertical AB; ainsi, celui qu'on a figuré suivant CD, donne les projections p', s', t', u' , etc., et en joignant tous les points ainsi obtenus, par beaucoup de profils, ou aurait, par exemple, les courbes $pp'rr', ss'yy'$, etc., projections orthogonales des sections du terrain par les plans horizontaux équidistants. Si l'équidistance est de deux mètres, tous les points du terrain situés sur la courbe $pp'rr'$, seront à 2 mètres au-dessous de ceux qui sont situés sur la courbe $ss'yy'$; ils seront à 4 mètres au-dessous de ceux qui sont sur la courbe $tt'xx'$ et ainsi de suite, et si la géodésie a donné pour Q' projection du sommet Q du terrain, la cote 233^m au-dessus du niveau de la mer, on aura la hauteur absolue de tous les points situés sur les courbes, en tenant compte de l'équidistance.

Profils obtenus par les courbes horizontales.

126. Réciproquement, lorsque les courbes horizontales sont données de projection, on pourra facilement passer à la construction du profil, au moyen de l'équidistance; car il suffira de couper cet ensemble de courbes par un plan vertical et de marquer au-dessus de la ligne de terre du profil, les traces de tous les plans horizontaux équidistants et de projeter dessus les points des courbes correspondantes; le profil sera la courbe qui unira ces points.

Cote d'un point situé entre deux courbes horizontales consécutives.

127. Lorsque l'équidistance et l'échelle sont petites, on pourra considérer les éléments du profil compris entre les plans horizontaux, comme des lignes droites qui représenteront les lignes du terrain et seront les hypoténuses d'une suite de petits triangles rectangles dans lesquels tous les côtés verticaux seront égaux, et les bases ou les côtés horizontaux seront les projections de ces mêmes lignes du terrain. Il s'ensuit alors que, comme la pente du terrain est proportionnelle au rapport des deux côtés de l'angle droit, elle sera en raison inverse de la base, puisque la hauteur est constante.



Si l'on a besoin de connaître la cote d'un point P, placé entre deux courbes auxquelles appartiennent respectivement les points A et B, on l'obtiendra en comparant les deux

triangles ABb et APp , et la quantité obtenue par cette comparaison sera ajoutée à la cote de la courbe du point inférieur A .

Cas où on est obligé d'intercaler des courbes.

128. L'équidistance des plans horizontaux sécants est très commode, comme on le voit, pour apprécier de suite les différences de niveau; mais, lorsque le terrain est très accidenté, on est obligé quelquefois de leur intercaler d'autres plans sécants horizontaux, afin de pouvoir rendre des inflexions qui échapperaient en se conformant à l'équidistance; alors on indique les projections de ces courbes intermédiaires par un tracé ponctué. Dans les pays de montagne, l'équidistance des plans horizontaux procure souvent une surabondance de courbes, dans un intervalle trop limité par l'échelle. Ce cas a été prévu dans l'instruction distribuée aux officiers, pour les travaux topographiques de 1843, relatifs à des reconnaissances à l'échelle de $\frac{1}{400,000}$, et nous transcrivons ici l'article intitulé : *Courbes*.

« Un mode uniforme dans le dessin des montagnes à la plume étant indispensable pour obtenir de l'ensemble dans les minutes exécutées par un grand nombre de collaborateurs, tous les officiers, avant de mettre le figuré à l'encre, se conformeront aux dispositions suivantes :

« Ils construiront des courbes horizontales équidistantes de 10 mètres; celles multiples de 40, seront à l'encre de Chine et les autres au earmin; ils pourront cependant insérer quelques courbes auxiliaires *ponctuées* dans les plateaux et dans les terrains faiblement accidentés pour mieux en exprimer les formes.

« Dans les hautes montagnes, où les pentes atteignent souvent 50 grades, la base étant égale à la hauteur, un millimètre au 40,000^e devient la projection de 4 courbes équidistantes de 10 mètres. Comme il est presque impossible de conduire sans confusion 5 lignes dans un si petit espace, les officiers ne traceront que les multiples de 40. Lorsque, l'inclinaison devenant moins considérable, ces courbes s'écarteront à peu près de 2 millimètres, ils intercaleront la courbe rouge multiple de 20.

« Pour les pentes moyennes, toutes les courbes de 10 en 10 seront continues. Ainsi, suivant la nature du terrain, entre deux multiples de 40, les officiers ne peuvent placer qu'une ou trois courbes au earmin, et quelquefois des courbes auxiliaires ponctuées. (Voir *planche 9*, modèle du dépôt de la guerre, application du nouveau tracé.)

« Les officiers, guidés ensuite par le diapason (voir article 132) qui détermine pour une pente donnée l'intensité de la teinte, connaîtront la force et l'écartement des hachures (art. 131), qui doivent exprimer une même déclivité. » Voir remarque sur l'article 134.

129. Lorsque les cartes ont une grande étendue, les courbes de niveau ayant un grand développement, deviennent les intersections du terrain, par des sphères concentriques, dont les surfaces sont parallèles à celles de la mer, en supposant la terre elle-même sphérique.

Si le terrain a très peu d'étendue, les courbes horizontales, qui en forment en quelque sorte la charpente, sont sensiblement de niveau.

Lignes de plus grande pente.

130. Aux courbes horizontales employées pour rendre les formes du terrain, on ajoute souvent les lignes de plus grande pente.

La ligne de plus grande pente est caractérisée par les propriétés suivantes :

1^o De toutes les lignes partant du même point et tracées sur le terrain, c'est elle qui fait le plus grand angle avec l'horizon : ceci résulte de sa définition.

2^o Elle est perpendiculaire aux intersections de la surface, par les plans horizontaux passant par ses extrémités ;

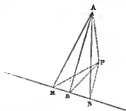
3^o Sa projection est perpendiculaire à celles des intersections, et par conséquent est la plus courte distance entre ces lignes.

En effet, soit AB une ligne de plus grande pente terminée aux courbes horizontales obtenues par les sections de deux plans horizontaux. Soit P la projection du point A sur le plan inférieur ; en joignant PB, ce sera la projection de AB sur ce plan. Par le point B, menons une tangente à l'élément de la courbe passant par B, et prenons sur cette tangente deux points M et N, voisins et également distants de B ; joignons MP et NP. Les triangles APM, APN, APB sont rectangles et ont le côté AP commun : ces triangles donnent les relations suivantes :

$$\text{tang. } \angle MPB = \frac{AP}{MP}, \quad \text{tang. } \angle ABP = \frac{AP}{BP}, \quad \text{tang. } \angle ANP = \frac{AP}{NP}.$$

L'angle ABP étant le plus grand, puisque AB est la ligne de plus grande pente : il faudra donc que le dénominateur BP soit plus petit que les dénominateurs MP et NP. Il en serait de même pour deux points autres que M et N, pris à droite et à gauche de B et à égale distance : PB est donc la plus courte distance du point P à la ligne MN : donc elle lui est perpendiculaire ; d'où il résulte que les triangles rectangles MPB et NPB sont égaux, et, par suite, les triangles rectangles APM et APN le sont aussi ; alors leurs hypoténuses AM et AN sont égales. Ces dernières sont des obliques également écartées de AB, qui, par suite, est perpendiculaire à MN : ainsi, la ligne de plus grande pente jouit des propriétés énoncées ci-dessus.

Les lignes de plus grande pente continues, depuis le sommet du terrain jusqu'en bas, sont le plus généralement des courbes à double courbure ; tandis que les sections horizontales sont des courbes planes. En outre, si l'on était parvenu à déterminer sur le terrain un assez grand nombre de ces lignes de plus grande pente, on serait encore obligé de tracer les courbes horizontales quand on voudrait avoir les cotes de certains points déterminés, et nous avons vu que le système de courbes horizontales n'offre pas le même inconvénient. On commence donc par tracer les courbes horizontales au moyen des plans équidistants ; et pour donner plus d'effet au relief du terrain, on trace entre ces courbes les lignes de plus grande pente, qui sont des normales aux projections de ces courbes.



131. Il s'ensuit que les accidents du terrain peuvent s'exprimer sur une carte, soit simplement par des lignes de niveau supposées tracées à égale distance les unes des autres sur la surface de la terre, soit en ajoutant des normales aux projections de ces lignes.

C'est en suivant ces deux procédés que les modèles du Dépôt de la guerre, *planche 7, 8, 8 bis*, ont été exécutés. En prenant pour unité la plus courte distance de deux plans de section consécutifs, celle d'une courbe horizontale à la suivante, sur la carte, est égale à la cotangente d'inclinaison de la ligne de plus grande pente. Si on forme une table des lignes de plus grande pente, ou de la longueur des hachures, pour une équidistance donnée et toutes les inclinaisons des pentes de 10' en 10', comme celle n° 3 (PUISSANT, *Principes du figuré du terrain et du lavis*), on pourra dresser une échelle de pentes (même ouvrage, pag. 17). Alors, en consultant la longueur de hachure en un point quelconque de la planimétrie, et la portant sur l'échelle des pentes, on aura le nombre de degrés contenus dans la pente en ce point.

Lois à suivre pour les lignes de plus grande pente.

132. Ces lignes de plus grande pente, ou ces hachures perpendiculaires aux projections des courbes et qui ont une légère courbure pour être à la fois normales à deux courbes horizontales consécutives, sont tracées de manière à former solution de continuité, elles engrenent les unes dans les autres; elles sont plus ou moins longues, suivant que les pentes auxquelles elles appartiennent sont plus ou moins rapides, et pour mieux indiquer le passage d'une pente à une autre, on a soin de laisser d'autant moins d'intervalle entre les hachures, que la pente qu'elles expriment est plus sensible.

On a voulu assujettir cet espacement à une loi géométrique, et c'est ce qui a donné lieu au *diapason de hachures* (tableau 6, modèle du Dépôt de la guerre), qui fixe l'écartement et la grosseur des hachures pour les degrés de pente, suivant les équidistances adoptées; mais, dans la pratique, ce diapason présente des difficultés très grandes pour son application rigoureuse; on est forcé de trier, pour ainsi dire, dans certains cas; du reste, l'inconvénient n'est pas grave, en s'écartant un peu de la loi pour cet espacement, puisque le degré d'inclinaison peut se déduire très exactement de la longueur de la ligne de plus grande pente, comparée à l'équidistance, ou des cotes de hauteur qui doivent, dans tous les cas, être placées en grand nombre sur les cartes, sans cependant faire confusion. (Voir art. 135 et sa remarque.)

133. Pour obtenir les lignes de plus grande pente, on trace premièrement les courbes horizontales au crayon, et on leur substitue les hachures à l'encre de la Chine; cette substitution paraît être d'abord assez inutile, puisque les hachures n'ajoutent rien à la précision du relief; mais on doit faire attention qu'entre deux courbes consécutives, il y a un grand nombre de hachures dont l'ensemble présente mieux à l'œil la zone étroite comprise entre ces deux courbes : surtout lorsqu'il y a des détails de culture et autres qui la couvrent en partie. Si l'on voulait obtenir à peu près le même effet physique avec les courbes de niveau, il serait nécessaire d'en intercaler plusieurs autres entre celles dont il s'agit, et cela demanderait beaucoup plus de peine à cause des difficultés qu'on éprouve à filer ces courbes, tandis qu'au contraire les hachures se tracent

avec tant de facilité, et on perdrait alors les équidistances primitives, si utiles pour estimer approximativement les degrés de pente dans les petites échelles.

Lois à suivre pour l'expression du terrain.

134. Pour ajouter à l'expression du relief, ou avait encore imaginé de teinter les cartes à l'encre de la Chine, en supposant la lumière inclinée ou verticale, et en la dégradant suivant une loi.

Tous ces procédés ont motivé de grandes discussions, attendu qu'on voulait amener de l'uniformité dans le mode de représenter la *topographie*; c'est dans ce but qu'une commission fut nommée au ministère de la guerre, en 1827, pour prendre une décision, laquelle est insérée dans le *Mémorial du Dépôt de la guerre*, tome 3, page 389 et la suivante. Cette décision étant celle à laquelle on doit se conformer, nous la transcrivons ici.

Décisions du ministère de la guerre.

135. *Récapitulation des décisions prises par la commission, pour ce qui a rapport aux minutes des cartes.*

1° On entend par *minute*, la traduction graphique au crayon des opérations exécutées sur le terrain, traduction faite à l'échelle du levé.

2° Pour les *minutes des levés*, quelle que soit leur échelle, on aura recours uniquement, pour figurer le terrain, à la considération des plans horizontaux : c'est-à-dire que le relief du terrain devra être figuré, sur la minute, par la projection horizontale des courbes résultantes de l'intersection du terrain et d'une suite de plans horizontaux.

3° Les plans horizontaux dans lesquels les courbes seront comprises, devront être équidistants.

4° L'équidistance pourra varier en raison de l'échelle de la carte, et en raison des formes du terrain; mais elle devra toujours être la même dans les différentes parties d'une même carte.

5° Les accidents du terrain qui se trouvent compris entre deux courbes consécutives et ne pourront être saisis par elles, seront exprimés par une courbe ponctuée dont la longueur sera limitée par l'étendue du mouvement du terrain. Des cotes fractionnaires seront placées près de cette courbe, et indiqueront à quelle hauteur, au-dessus de la courbe inférieure, l'accident se trouve situé, l'équidistance verticale étant prise pour unité.

Pour ce qui est relatif aux cartes mises au net et à l'encre.

1° Les courbes horizontales seules, passées à l'encre, sont regardées comme suffisantes pour exprimer le relief du terrain, dans les cartes et plans dont les échelles varieront de $\frac{1}{2500}$ au $\frac{1}{100000}$ exclusivement, des cotes placées sur les points les plus remarquables du terrain, indiqueront les différences d'élévation : le point zéro étant toujours pris à l'endroit présumé le plus bas, et en rapportant, autant que possible, le niveau de ce point à celui de la mer.

2° Pour les cartes depuis l'échelle du $\frac{1}{100000}$ inclusivement, jusqu'au $\frac{1}{500000}$ et au-delà,

les courbes seules sont regardées comme insuffisantes. Pour compléter l'expression, on intercalera entre elles des hachures qui représenteront les projections horizontales des lignes de plus grande pente, et seront, par conséquent, menées perpendiculairement à chacune des deux courbes entre lesquelles elles sont interpolées.

3° Pour les cartes dont les échelles n'exprimeront pas un rapport plus petit que celui de 1 à 100,000, on écartera toute considération de lumière soit oblique, soit verticale, comme étant incompatible avec le système adopté.

4° L'espace entre les hachures sera en raison inverse de la rapidité des pentes, et égal au quart de la cotangente moyenne à l'angle de pente, c'est-à-dire au quart de la distance prise, sur la carte, entre deux courbes consécutives.

5° Lorsque la longueur de la cotangente moyenne ne sera que de 2 millimètres, on commencera à exprimer la rapidité des pentes par le grossissement des hachures.

6° Ce grossissement ne sera pas assujéti à une règle exacte; il servira seulement à suppléer la loi de l'espace, lorsque la longueur de la cotangente aura atteint la limite qui a été déterminée plus haut.

7° Enfin, on conservera sur la mise au net la trace des courbes qui auront servi de directrices aux hachures, en discontinuant ces dernières, de manière qu'une de leurs extrémités partant de la courbe supérieure, l'autre extrémité n'arrive pas tout à fait jusqu'à la courbe inférieure. Il restera ainsi, entre les différentes zones, des espaces blancs d'une largeur suffisante pour que l'œil puisse toujours saisir et suivre la direction des courbes.

Signé : le membre secrétaire de la commission, le général DE TUZOSÉ.

Nota. Le ministre a approuvé les dispositions relatives aux minutes des cartes. Quant aux propositions nos 2, 4, 5, 6 et 7, concernant la mise au net, S. Exc. suspend son jugement jusqu'à l'examen de nouveaux essais.

Aucunes décisions nouvelles n'ayant été prises jusqu'à ce jour, il en résulte que nous devons nous conformer à celles-ci. (Voir la modification adoptée depuis pour le tracé des courbes, art. 128, et la remarque sur l'art. 135.)

Remarque sur l'art. 135.

Tracé des courbes ; tracé des normales dans quelques cas difficiles ; quelques exceptions auxquelles le diapason des hachures doit être soumis pour rendre l'expression du terrain.

L'équidistance destinée à exprimer le relief du sol, doit être proportionnée à la nature du terrain,

Elle doit être très petite, lorsque les pentes sont douces, afin de pouvoir exprimer les mouvements les plus faibles, et beaucoup plus grande lorsque les pentes sont longues et rapides; mais ce principe n'est applicable qu'aux cartes spéciales. Pour une carte générale et qui doit, par conséquent, embrasser une grande étendue de pays, renfermant des accidents de terrain très variés, comme l'équidistance doit être unique, ou a dû nécessairement prendre un moyen, de là des exceptions dans l'application.

C'est ainsi qu'on a pris 10^m pour les plans à $\frac{1}{40,000}$, 20^m pour les plans à $\frac{1}{20,000}$, 40^m à $\frac{1}{10,000}$, et 80^m à $\frac{1}{80,000}$. Les courbes produites par ces équidistances, que j'appellerai

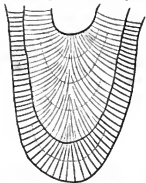
fondamentales, doivent être tracées en noir. Elles donnent 1 millimètre d'écartement pour la pente de 40°, mais lorsque, par suite de la diminution de la rapidité, l'écartement atteint 2 millimètres, ce qui a lieu pour la pente de 30°, on en introduit une autre, qui, pour ne pas être confondue avec les premières, doit être tracée en rouge; enfin, lorsque ces nouvelles courbes arrivent à avoir 2 millimètres d'écartement, ce qui a lieu lorsque la pente est d'environ 14°, on en introduit deux nouvelles, toujours en rouge; voyez la figure ci-dessous :



L'équidistance se trouve alors être de 2",50 pour le $\frac{1}{10,000}$, de 5",00 pour le $\frac{1}{20,000}$, de 10" pour le $\frac{1}{40,000}$, et de 20" pour le $\frac{1}{80,000}$. Pour exprimer ces pentes

avec des hachures, on voit qu'elles auront la même longueur pour la pente de 30° que pour celle de 14°, mais il y a une si grande différence de ton donné par le diapason pour exprimer ces pentes, qu'il sera impossible de les confondre.

Malgré cette intercalation de courbes, il arrive lorsque les pentes sont très douces, que les courbes sont parfois tellement écartées qu'il devient très difficile de pouvoir diriger les hachures de manière à les faire normales aux courbes : alors il faut s'aider en traçant au crayon de nouvelles courbes directrices, à peu près comme dans l'exemple ci-dessous, où les courbes directrices sont indiquées ponctuées, pour représenter celles au crayon qui doivent disparaître lorsque l'exécution est terminée, et les hachures qu'elles ont servi à diriger vont, sans interruption, rejoindre les courbes fondamentales.



De même que l'équidistance ne peut être qu'une règle générale, lorsqu'on l'applique à une grande étendue de pays, le diapason de hachures est aussi soumis à plusieurs exceptions dans l'application. Il existe de grandes surfaces de terrain très faiblement ondulées, où les pentes les plus rapides ne dépassent pas 5 à 7 degrés. Le diapason ne donnant pour ces pentes que des teintes très faibles : appliqué dans toute sa rigueur, il rendrait ces pays d'une manière trop insignifiante et sans expression, il faut toujours que l'endroit où la pente arrive à son maximum de rapidité,

soit sensible à la vue, afin de lui donner le caractère de pente droite

ou de concave  ou de convexe  trois formes, qui à tous les degrés de rapidité, résument toutes les pentes.

A cet effet, après avoir fait usage du diapason, par exemple aux points A et B, on outrera le ton aux points C et D, afin que ces pentes ne puissent pas être confondues avec la pente droite E.

On conçoit que cette addition de noir, ajouté à celui donné par le diapason, ne doit se

faire qu'avec une extrême modération, dans le but seulement d'éviter que des pentes très différentes de forme ne puissent pas être confondues.

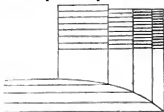
Au contraire, dans les montagnes, afin de ne pas être trop noir, on affaiblira le ton au lieu de le forcer. Par exemple, supposons une pente approchant de 30° et convexe :



on appliquera le diapason avec exactitude aux endroits A et B, et on diminuera le ton ensuite, en approchant du sommet, afin de conserver toujours, d'une manière sensible à la vue, le caractère de la pente.

On concevra facilement la nécessité de cette exception, quand on réfléchira que, dans les Vosges, les pentes générales ont environ 24° , qu'elles sont, surtout dans la partie méridionale, généralement convexes, passant ainsi progressivement de 24 à 30° pour arriver aux rochers plus ou moins verticaux.

En examinant les trois dernières cases du diapason, on remarquera qu'il y a très peu de différence de ton entre elles; et les Vosges, rendues avec ces trois tons seulement, seraient d'une uniformité désespérante. Ajouter du noir aux dernières cases du diapason, cela devient impraticable, car elles sont déjà assez noires : il convient donc beaucoup mieux, pour être clair et expressif, d'en retrancher un peu.



Une dernière modification à apporter à l'application du diapason, est celle-ci :

Lorsqu'on veut représenter une pente convexe, comme celle de la figure, en appliquant rigoureusement le diapason à chacune de ses courbes, on a une suite de teintes plates, comme si la pente était formée de parties droites A B C D à angles : ce

qui n'est pas exact; il faut donc modifier le diapason de manière à marier les hachures entre elles, afin de produire la teinte adoucie progressivement plus forte, comme la pente est elle-même progressivement plus rapide.

Courbes horizontales obtenues d'une manière approchée par l'éclimètre.

136. Pour obtenir les courbes de niveau, le procédé décrit (100) est le plus exact; mais lorsqu'il s'agit d'un plan de l'étendue de ceux exécutés à la carte de France, par chaque officier, dans le cours d'une campagne, ce procédé serait trop long et impraticable : alors on y supplée de la manière suivante :

Comme les différences de niveau et même les hauteurs absolues de tous les points trigonométriques auxquels se rattachent les levés de détail à la carte de France, sont connues par le calcul, on cherche d'autres cotes sur le terrain, en s'appuyant sur ces points de départ. Pour cela on se sert de l'éclimètre, dont nous avons parlé (art. 64), et des tables qui facilitent le calcul. Il ne s'agit plus alors que de multiplier les cotes convenablement, pour savoir, d'une manière suffisamment approchée, les localités par

lesquelles doivent passer les courbes demandées par l'équidistance, et ce soin est confié à l'intelligence de celui qui opère, puisqu'il doit toujours faire en sorte que son plan approche le plus possible de la vérité. Les environs de Meulan, *planche 6 bis*, à l'échelle de $\frac{1}{10000}$, offrent des courbes à l'équidistance de 2 mètres, obtenues par ce procédé (*).

Lignes caractérisant le système général.

137. Pour abréger les courses, lorsqu'on s'occupe de la planimétrie, on prend ordinairement en même temps les cotes de niveau aux stations importantes, pour signaler les points qui caractérisent le *système général*.

Le *système général* sera bien caractérisé en prenant avec soin l'*origine*, la *fin* et les *changements* des pentes; on connaîtra par là les parties du terrain uniformément inclinées, et celles dont l'inclinaison augmente ou diminue. On devra encore chercher, avec beaucoup de soin, les *lignes de faite* ou de partage, et les *thalwegs* ou lignes de réunion des eaux.

138. Ces deux sortes de lignes sont, de toutes celles qui servent à figurer rapidement les formes du terrain, les seules que l'on puisse lever géométriquement, à raison de leurs propriétés caractéristiques.

139. Pour les *lignes de faite*, on doit les concevoir dans ce sens, que de toutes les directions partant d'un point, la ligne de partage est celle qui a le moins de pente, quand on envisage le terrain de haut en bas, de manière à ce que les eaux pluviales, qui tombent sur la surface du sol, se séparent suivant cette ligne pour s'écouler à droite et à gauche. Il résulte de là, qu'entre deux plans horizontaux consécutifs, elle est la plus longue de toutes les normales aux sections horizontales.

Pour la trouver, il suffira, l'éclimètre étant en un point du sommet, de mesurer l'inclinaison suivant plusieurs directions, et la ligne de faite sera donnée par la plus petite inclinaison. Si, au contraire, l'éclimètre était au bas de la pente, et qu'on dût la suivre en remontant, la ligne de pente serait la plus inclinée : toute autre direction ferait un plus petit angle avec l'horizon, et se trouverait comprise entre la courbe horizontale et la ligne de faite. En suivant cette ligne et opérant, jusqu'à ce qu'elle change de direction, on obtiendra ses prolongements d'une manière analogue.

Lieu géométrique des points de rebroussement des courbes horizontales.

140. La ligne de faite étant la plus longue de toutes les lignes du terrain, qui, partant d'un même point, vont aboutir à la section horizontale placée au-dessous, elle sera, par conséquent, le lieu géométrique des points de rebroussement des courbes horizontales.

Il en sera de même pour les *thalwegs*, seulement, si le *thalweg* s'observe de haut en bas, il est la ligne de plus grande pente; au contraire, de bas en haut, il est la ligne de plus petite pente : mais ceux-ci seront, en général, plus faciles à trouver, parce

(*) Voir, dans le chapitre intitulé *Reconnaissance*, le procédé expéditif pour obtenir des profils.

qu'ils sont indiqués, souvent par les rivières, ruisseaux et fossés dans lesquels se réunissent les eaux.

Il n'existe plus de ligne de partage, ou plutôt la ligne de partage se réduit à un point dans les terrains qui affectent la forme d'une demi-sphère, ou d'un cône droit.

Dans le cône oblique, l'arête la plus longue sera la ligne de partage, et elle sera d'autant plus en évidence que l'obliquité de son axe sur le plan horizontal sera plus grande.

Lorsqu'on emploie les lignes de plus grande pente pour représenter le relief du terrain, il faut bien se donner de garde de figurer ces normales suivant la ligne de faite : car leur suite produirait une ligne continue qui attirerait l'œil et produirait un effet contraire à celui auquel on doit s'astreindre, et qui consiste à représenter les pentes les plus douces par des baches qui produisent le moins de teinte possible.

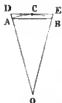
Avis sur l'ensemble des opérations à faire dans les levés topographiques.

141. Nous avons indiqué les divers procédés que l'on peut employer pour exécuter les levés du terrain ; nous avons décrit plusieurs instruments qui servent à cette opération, ainsi que les moyens de les régler ; il ne s'agira donc plus, pour arriver au but, que de combiner convenablement les divers procédés. Il serait difficile de prescrire une règle immuable à suivre dans ce genre d'opération ; cependant on devra, autant que possible, se conformer au résumé suivant :

La triangulation ayant fourni les points qui doivent servir de départ, on les place sur la feuille de papier, soit par latitudes et longitudes, soit par distances à la méridienne et à la perpendiculaire (voir Notes, art. 5 et 6) ; on fait ensuite une reconnaissance de son terrain pour faire signaler tous les points qui doivent servir de sommets de triangles, ainsi que la base à mesurer, dans le cas où cette opération deviendrait indispensable.

On vérifie les points de départ, et si quelques-uns d'entre eux offrent des discordances, il faut revoir leur projection, ou les rejeter s'ils ne s'accordent pas définitivement. On fait une triangulation à la planchette, si la chose est nécessaire pour obtenir une triangulation plus serrée que celle du 2^e et du 3^e ordre, et avoir des points plus rapprochés. On se sert ensuite de ces points pour exécuter les levés importants à la planchette, en ne laissant les derniers détails à lever avec la boussole, que pour des espaces tels que la projection des distances, à l'échelle du plan, ne dépasse pas la longueur de l'aiguille de la boussole. En opérant avec ce dernier instrument, on tracera la méridienne comme nous l'avons dit, au moyen d'un azimut de départ, ou on orientera le méridien magnétique par rapport à un côté connu de projection, ou par l'un des procédés de l'article 90.

142. Toutes les opérations préliminaires seront faites très exactement avec une bonne planchette, lorsque l'étendue du terrain n'excèdera pas la limite des levés topographiques, c'est-à-dire que la calotte sphérique sur laquelle on opère pourra, sans erreur sensible, être représentée sur le plan de projection qui lui est tangent.



Il est facile de calculer qu'en prenant le cercle dont le rayon est CD, pour la projection de la calotte sphérique dont la corde est AB, on ne commettra pas une erreur de 3" sur la dimension totale, en supposant que cette calotte sphérique, dont la corde est AB, ait 1° ou 10 myriamètres de diamètre. Or, la géodésie fournissant toujours des points soumis à la projection, dans des limites bien plus rapprochées, ce cas ne se présentera jamais.

143. Pour se rendre sur le terrain, il faut se munir d'une chaîne ou d'un instrument propre à mesurer les distances; d'un rapporteur; d'une planchette légère; d'une boussole à éolimètre; d'un compas; d'une échelle, et d'un calepin pour inscrire les observations.

On doit, autant qu'on le peut, rapporter sur le terrain et de suite; mais, en cas d'erreur, le calepin permettra de vérifier au retour.

144. Autant que possible, on partira de l'un des points déterminés. Si cela ne se peut, on en déterminera un au moyen de deux ou trois autres, et on le vérifiera par tous ceux qui sont visibles; et, de là, on prendra des directions sur tous les points remarquables du détail, puis sur l'alignement qui doit servir à marcher; on mesurera la distance d'une station à l'autre, en ayant soin, tout en cheminant le long de cette mesure, de supposer des perpendiculaires menées à tous les points de détail, à droite et à gauche; on mesurera ensuite toutes ces perpendiculaires, soit à vue, soit au pas ou exactement, suivant l'importance et la facilité; l'équerre d'arpenteur servira à mesurer ces perpendiculaires dans les détails importants: pour les autres, l'œil suffira.

Lorsqu'on sera rendu au jalon pointé et mesuré de distance, on le vérifiera par les points visibles et donnés de projection; si cela ne se peut, on s'en contentera et on rapportera de suite sur le plan tous les détails qu'on a obtenus en cheminant.

145. On fera bien de commencer à exprimer légèrement à vue les ondulations du terrain autour de ces deux stations, à une petite distance, sans s'inquiéter de les rattacher de suite aux formes générales, et on s'en servira plus tard, lorsqu'on aura obtenu les courbes horizontales par les cotes de niveau ou par le nivellement.

146. Dans ce genre d'opération, on suivra autant que possible les principales communications, mais sans s'astreindre cependant à marcher continuellement dans les contours de la voie tracée, et on fera les stations aussi longues que possible, eu égard à l'échelle.

On s'écartera peu de cette direction, dans l'expression du détail, et on fera en sorte d'arriver plusieurs fois à quelque point du canevas pour se vérifier.

147. Les méthodes de recoupement et d'intersection étant plus exactes et plus expéditives, en ce qu'elles dispensent de chaîner, seront employées lorsque le pays sera découvert. Dans le cas contraire, on ne pourra guère employer que celle de cheminement.

148. Ce que l'on doit déterminer avec le plus grand soin, ce sont :

- 1° Les grandes routes, les grands chemins, les carrefours des forêts;
- 2° Les fleuves, les rivières, les ruisseaux, les lacs, les étangs et les fontaines;
- 3° Les rues et les contours des villes et des villages;

4° Les constructions isolées ;

5° Les carrières, les garennes, les futaies, etc.

149. Pour lever les villes ou les villages, il est bon de les envelopper d'un polygone tracé avec beaucoup de soin, et en cheminant le long de ce polygone, de tracer les amorces de chaque issue ; on reviendra ensuite aux issues principales, comme points de départ, pour pénétrer dans l'intérieur, et en suivant des directions aussi étendues que possible. En se rendant d'une station à une autre, on placera les angles de murs remarquables, les portes cochères, etc., à droite et à gauche, en les rapportant toujours par des ordonnées sur le chaînage. Ensuite on pénétrera dans les cours, jardins, etc., pour figurer les masses des maisons, et lorsque les détails intérieurs seront d'une étendue assez grande, on en fera la levée à la boussole.

150. Les habitations isolées, les garennes, etc., peuvent quelquefois s'obtenir par recoupement dans le cours des opérations ; si cependant on n'a pu les obtenir par ce moyen, on déterminera dans leur voisinage, un point, au moyen de plusieurs autres, et on s'en servira pour faire le levé des détails.

Les amorces des percées de forêt devront être relevées avec beaucoup de soin : attendu qu'elles servent souvent à déterminer exactement des carrefours auxquels elles aboutissent.

Les contours des bois se feront à la boussole, en ne s'arrêtant qu'à une station sur deux : à moins que les stations intermédiaires ne soient nécessaires au recoupement.

151. On dessinera, aussi en cheminant, les arrachements de terrain importants, les carrières, les rochers, etc., en employant dans ce genre de dessin, des méthodes qui tiennent plutôt à l'art d'imitation qu'à celles prescrites ici.

CHAPITRE IV.

DESSIN DES CARTES.

Signes conventionnels.

152. D'après les conventions actuelles, qui n'admettent plus d'ombres, tous les traits de la planimétrie sont tracés de la même grosseur. On emploie l'encre de la Chine pour les chemins, les limites de culture, etc., les hachures et les courbes de niveau ; seulement, ces hachures et ces courbes de niveau sont interrompues aux chemins, routes et places de village qui restent en blanc.

153. Les bords de rivières, lacs, étangs, sont tracés en bleu, soit avec l'indigo (*), soit avec le bleu de Prusse, et on donne une teinte bleue, au pinseau, aux cours des rivières qui par leur largeur comportent deux traits ; puis, malgré la convention des traits de

(*) L'indigo paraît être entièrement abandonné, on lui préfère le bleu de Prusse.

même grosseur, on renforce celui des ruisseaux qui n'en comportent qu'un d'après l'échelle. Les bords de la mer se tracent avec l'indigo mélangé d'un peu de gomme-gutte, afin de lui donner une légère teinte verte.

154. Les maisons, les édifices et murs de clôture sont tracés *au carmin*, et la surface de ces maisons est lavée avec une teinte légère de carmin. On s'écarte encore de la convention en traçant, par un trait rouge, plus fort et plus foncé, les gros murs, lorsque l'échelle ne permet pas d'apprécier leur épaisseur par deux traits. Les édifices remarquables, tels qu'églises, châteaux, etc., sont aussi teintés plus fortement avec le carmin que les maisons ordinaires.

155. Les rochers, les ravins, les escarpements, se dessinent à l'encre de la Chine ; et tous ces objets, qui n'appartiennent pas au figuré général du terrain, seront exécutés par un travail qui rentre dans le dessin d'imitation.

156. La dimension et le caractère des écritures dépendront des objets et de l'échelle ; on se conformera, pour cet article, aux modèles du Dépôt de la guerre, n° 1 et n° 2.

157. Pour distinguer la nature et l'importance des canaux, fossés, digues, ponts, on a établi des signes conventionnels, pour diverses échelles, et ces signes conventionnels se trouvent exprimés dans le modèle n° 3 du Dépôt de la guerre.

158. Les routes ont aussi des signes conventionnels qui font reconnaître leur classe ; les divisions territoriales sont représentées par des signes convenus, suivant leur nature. Les diverses natures de culture ont des teintes adoptées pour les distinguer les unes des autres. Tous ces signes conventionnels sont consignés dans le modèle n° 4 du Dépôt de la guerre.

159. Dans les cartes géographiques qui sont à une petite échelle, les détails topographiques qui caractérisent les objets disparaissent : il était cependant important de les faire reconnaître ; c'est ce qui a donné lieu aux signes conventionnels adoptés dans le tableau (n° 5), modèle du Dépôt de la guerre, relatif aux villes fortifiées, lignes de retranchements, redoutes, villes fermées, villes ouvertes, bourgs ou villages, et tous les objets de remarque.

Enfin, on trouve un ensemble d'exécution dans les tableaux n° 6 *bis*, n° 7, n° 8, n° 8 *bis* et *ter*, modèles du Dépôt de la guerre (*).

(*) Dans le modèle n° 6 *bis*, on a pris l'équidistance de 2", et l'échelle étant de $\frac{1}{50000}$, on aurait dû adopter 5" pour maximum lignes noires, les courbes rouges intercalées suivant le degré des pentes, seraient rentrées dans les subdivisions 2" 50 à 1" 25 (1 millim. en projection représentant 5 mètres.) (Art. 135.)

Dans le modèle 7, les courbes de 10" ou 10" devraient être signalées par un trait plus gros ou rouge. Dans ce modèle, les normales sont tracées de manière à avoir $\frac{1}{2}$ de largeur, jusqu'à 14 degrés ; au delà, la règle est arbitraire. Mais ce système a été adopté pour soutenir une opinion qui n'a pas été admise par la Commission (voir art. 135). Il n'est ici que comme modèle à l'échelle de $\frac{1}{50000}$.

Dans le modèle 8, les courbes de 20" ou 20" devraient, d'après le système (art. 1-3), être plus grosses. Dans ce même modèle, avec les normales, pour exprimer certaines pentes, on a intercalé des courbes intermédiaires : mais pour rappeler l'équidistance de 20", on a tracé des courbes en lignes ponctuées. Les normales de ce modèle ont le défaut de ne pas être normales.

Dans le modèle 8 *bis*, à $\frac{1}{100000}$, les chemins vicinaux devraient être tracés d'un gros trait au lieu de deux, pour être conformes aux nouvelles instructions.

Le spécimen de la carte de France, n° 8 *ter*, présente un ensemble dans les vrais principes adoptés maintenant.

De la copie des dessins.

160. Lorsqu'on se propose de copier un dessin avec ses dimensions naturelles, on peut commencer par tracer, sur le modèle, un encadrement léger au crayon à mine de plomb : de manière à ne pas gâter ce modèle et pouvoir ensuite effacer ces lignes ; puis, sur son papier, on trace aussi un encadrement parfaitement égal à celui qu'on vient de tracer sur le modèle. Si le modèle est sous verre, on peut, avec de l'encre, tracer dessus l'échafaudage précédent, et cela vaut encore mieux lorsqu'on ne tend pas à une extrême précision : parce qu'on risque moins de gâter le modèle. Ces lignes de cadre pourraient servir, comme ci-dessus, d'axes auxquels on pourrait rapporter chaque point du plan ; mais cette manière d'opérer ne serait ni la plus commode ni la plus expéditive.

161. Si l'on est muni d'un compas à trois branches, on place une des branches dans un angle du cadre modèle, la seconde pointe sur le point qu'on veut rapporter, et on ouvre la troisième branche de manière à faire tomber sa pointe sur le côté du cadre le plus convenable pour que les trois branches donnent à peu près un triangle équilatéral, ou si cela ne se peut, un triangle qui repose sur une base capable de fournir une orientation bien déterminée pour le sommet. Cela fait, on enlève le compas, en faisant bien attention à ne pas changer l'ouverture des branches ; puis on porte les pointes dans une position analogue sur son papier : c'est-à-dire qu'on place la pointe de l'angle du cadre modèle sur l'angle du cadre homologue de la copie, la pointe du côté du cadre modèle sur le côté du cadre homologue de la copie, et en appuyant la troisième pointe sur le papier, elle viendra évidemment placer d'elle-même la copie du point correspondant du modèle. On agira ainsi pour tous les points remarquables du modèle, qu'on jugera convenable de placer exactement sur la copie. Si l'on ne tient pas à une précision rigoureuse, après avoir placé par ce moyen un nombre de points du modèle, placés rigoureusement et assez rapprochés, on dessinera le reste à vue.

162. Lorsqu'on n'est pas muni de compas à trois branches, un compas à deux branches suffira, en construisant les points par la méthode des intersections (76) ; c'est-à-dire que la question sera toujours ramenée à construire sur la copie des triangles égaux à ceux qu'on aura imaginés sur l'original.

163. Lorsqu'il y aura un grand nombre de lignes droites, on pourra encore déterminer leurs intersections avec les lignes de cadre, en les supposant prolongées convenablement, et en plaçant ces mêmes intersections sur les lignes de cadre de la copie, pour joindre ensuite ces mêmes intersections, et y rapporter les lignes de la copie.

164. Lorsqu'un modèle contient beaucoup de détails, cette méthode est encore longue, et si on pouvait calquer à la vitre cela serait plus expéditif ; mais la chose n'est pas toujours possible, alors on se sert d'un papier dit, dans le commerce, *papier huilé*, ou mieux encore celui dit *papier végétal* ; papiers à calque qui sont transparents.

On applique ce papier sur le modèle et on suit, à travers sa transparence, les traits

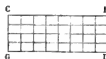
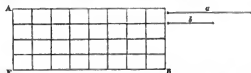
du modèle, avec une plume de corbeau, et à l'encre de chine. On emploie aussi les plumes métalliques ; mais il faut qu'elles soient doncées et qu'on agisse très légèrement, car elles sont susceptibles de couper le papier à calque. Pour mieux réussir et empêcher le déplacement de ce calque, on a soin de fixer ses quatre coins au modèle avec un peu de colle à bouche ; on se sert aussi de forts plombs ; mais le calque peut encore se déplacer avec ce dernier système.

L'opération faite, on enlève son calque ; on fixe comme précédemment les quatre coins sur un papier destiné à dessiner le plan, et on glisse entre le calque et le papier une feuille recouverte de mine de plomb réduite en poussière très fine, dite dans le commerce *papier à décalquer*. On a soin de tourner la mine de plomb du côté de son papier, et en appuyant légèrement, et assez cependant pour que la mine de plomb puisse se déposer sur le papier, on suit tous les contours et détails du calque avec une pointe fine, dite *pointe à décalquer* ; cette pointe doit être fine et douce pour ne pas couper le calque.

Réduction des dessins.

165. La réduction des dessins donne lieu aux problèmes suivants : ou l'on désire que les longueurs et largeurs de la réduction soient dans un rapport donné avec celles du modèle, ou bien que la surface de réduction soit dans un rapport donné avec celle du modèle.

1^{re} Cas. — Proposons-nous, par exemple, de réduire le rectangle AB, et le dessin qu'il encadre, dans un autre rectangle dont les dimensions soient avec celles du premier dans le rapport des lignes a ; b .



Le rectangle AB, servant d'encadrement au modèle, on le partage en un grand nombre de petits rectangles égaux entre eux, tracés légèrement au crayon ; on forme sur son papier un rectangle CD, dont les côtés soient proportionnels aux lignes a , b , c'est-à-dire qu'on aura

$$a : b :: AE : CG :: EB : GD ;$$

puis, on divise le rectangle CD en autant de petits rectangles égaux qu'il y en a dans le modèle AB.

Il ne restera plus qu'à figurer dans chaque petit rectangle de la réduction, les objets qui sont dans les rectangles correspondants de l'original, et on pourra, pour cet effet, adopter la méthode des intersections, en réduisant les ouvertures de compas prises sur l'original dans le rapport a ; b .

166. 2^e Cas. — Si la surface réduite doit être à la surface modèle dans le rapport de P à Q.

Nous ferons observer que si x est le côté de la figure cherchée, homologue au côté AE du rectangle modèle, on devra avoir :

$$\overline{AE} : x :: P : Q, \text{ d'où } x = \overline{AE} \times \frac{Q}{P}.$$

Cette dernière équation donne $AE : x :: x : AE \times \frac{Q}{P}$, par conséquent x sera une quatrième proportionnelle aux grandeurs AE et $AE \times \frac{Q}{P}$.

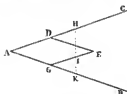
On trouvera de même que l'autre côté du rectangle de réduction sera une quatrième proportionnelle aux grandeurs EB et $EB \times \frac{Q}{P}$.

Le reste se fera comme dans le cas précédent, en partageant chaque rectangle en un même nombre de rectangles égaux plus petits, et réduisant le détail par rectangles.

Pentographie.

167. Toutes ces méthodes pour copier et réduire les dessins, sont assez simples en elles-mêmes; mais elles deviennent impraticables pour ceux qui présentent une grande variété de contours et de nombreux détails; aussi les dessinateurs ont-ils recours, pour ces réductions, à un instrument connu sous le nom de *pantographe*.

Pour concevoir le principe de sa construction, représentons-nous quatre règles, deux grandes $AB=AC$, et deux petites $DE=EG$;



assemblées sur leur plat par des tourillons qui les traversent d'outre en outre, et garnis de têtes à écrous, afin de rendre le jeu des règles aussi libre qu'on le désire.

De plus, cet assemblage de règles est tel que $AD=AG=DE=GE$; en sorte que le jeu de la figure $ADEG$ forme toujours un losange, quand on ouvre ou qu'on ferme plus ou moins l'angle A formé par les deux grandes règles.

Si, après avoir choisi trois points H, I, K en ligne droite sur les règles AC, GE et AB , on suppose le point K invariablement fixé au plan ou sur la table où repose le dessin à réduire, au moyen d'un tourillon à vis qui permette encore à la règle AB de tourner autour de ce point comme pivot, il est évident alors que le point H venant à être déplacé de manière à le promener sur les contours du dessin original placé sur la table du pantographe, le point I décrira en petit des contours semblables, car les triangles AKH et GKI resteront toujours semblables, puisque GE est toujours parallèle à AC , et que ces triangles ont toujours même angle au sommet K .

Donc leurs côtés seront toujours proportionnels, et par suite les points H et I décriront des figures semblables.

Supposons qu'on ait choisi $AH = 2GI$, alors HK sera double de IK . Ainsi, tandis que le point H se promènera sur un modèle placé sur la table, une pointe de crayon fixée en I tracera sur un papier, placé au-dessous d'elle, des longueurs du modèle réduites de moitié.

La proportion de la réduction dépendra, comme on le voit, du rapport établi entre AH et GI ; mais on voit, quelques variations qu'on fasse subir à deux des trois points H, I, K sur les règles AC, GH et AB , qu'il est indispensable de choisir le troisième en ligne droite avec les deux autres.

L'instrument, porté sur des roulettes très mobiles, est armé de vis, de divisions, etc., en un mot de tout ce qui est nécessaire pour la commodité et la justesse de l'exécution.

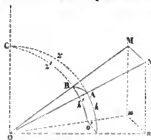
Nous ne nous étendrons pas davantage sur cette description, et nous ajouterons seulement qu'on aurait pu prendre indistinctement, comme point fixe, l'un quelconque des trois points H, I, K , et comme crayon de réduction l'un ou l'autre des deux autres restés mobiles, suivant qu'on voudrait passer d'un plus grand dessin à un plus petit ou d'un plus petit à un plus grand.

NOTES.

ARTICLE PREMIER.

Réduction des angles à l'horizon.

168. Lorsque les angles des triangles ont été mesurés par un instrument qui, par sa construction, ne les réduit pas à l'horizon, ces angles sont obtenus dans le plan des objets ; alors les triangles, dont ils sont les sommets, sont situés dans l'espace, et ils ont besoin d'être projetés sur la surface du niveau des mers où la base de départ a été évaluée. Il faut donc, dans ce cas, projeter les angles obtenus sur le plan d'horizon, et calculer leur valeur, ou, ce qui revient au même, la différence entre l'angle sur l'horizon et celui qu'on a obtenu dans le plan des objets.



A la station O, on a observé l'angle $MON = O$, dans le plan des signaux M, N et passant par le centre de l'instrument en O ; cet angle projeté sur plan horizontal passant par O, est, je suppose, $mOn = o'$ obtenu en abaissant des signaux M et N les verticales Mm et Nn sur le plan horizontal mOn . C'est donc cet angle o' qu'il s'agit de calculer comme étant la projection de l'angle O.

Or, les plans verticaux MmO et NnO se coupent suivant la verticale OC, passant par le zénith du point d'observation O, et déterminent avec le plan MON un triangle sphérique ABC dont les trois côtés sont connus ; car l'arc AB a pour mesure l'angle O donné par l'observation. L'arc AC = z est la distance zénithale du signal N qu'on a eu le soin de prendre, et de même l'arc BC = z' est la distance zénithale du signal M ; et, comme l'angle ACB de ce triangle sphérique n'est autre que la mesure de l'angle dièdre formé par les deux plans verticaux MOC et NOC, c'est-à-dire la mesure de l'angle o' , on obtiendra o' en quantités connues, par la formule du triangle sphérique,

$$\sin. \frac{1}{2} o' = \frac{\sin. (z - z') \sin. (z - z')}{\sin. z \sin. z'}, \text{ dans laquelle } z + z' + o = 2s.$$

Ainsi, au moyen de l'angle O donné par l'observation et des deux distances zéni-

thales prises en O sur les deux signaux M et N, qui sont z et z' , on pourra calculer directement la projection o' de l'angle O. On fera de même pour tous les angles du triangle, et ils seront ramenés à des triangles très peu courbes tracés sur le sphéroïde terrestre.

Mais il arrive presque toujours que les stations sont si éloignées et si peu élevées, que les différences de niveau sont très petites : alors les valeurs angulaires de z et z' sont très voisines de 100° , le dénominateur de la formule est très près de l'unité, et le calcul manque de précision ; c'est pourquoi l'on préfère calculer la différence $o' - o = x$, qui est très petite et de quelques secondes, par le procédé suivant :

Faisons $z = 100^\circ - h$, $z' = 100^\circ - h'$, h et h' seront les arcs d'élévation des stations N et M vues de O.

L'équation fondamentale de la trigonométrie sphérique, donnera :

$$\cos. o = \sin. h \sin. h' + \cos. h \cos. h' \cos. o'. \quad (1).$$

En développant les sinus et cosinus en séries, et négligeant les 4^{es} puissances, puis-que h et h' sont très petits, ou aura :

$$\begin{aligned} \sin. h &= h - \frac{1}{6} h^3, & \cos. h &= 1 - \frac{1}{2} h^2, \\ \sin. h' &= h' - \frac{1}{6} h'^3, & \cos. h' &= 1 - \frac{1}{2} h'^2, \end{aligned}$$

d'où $\sin. h \sin. h' = hh'$, $\cos. h \cos. h' = 1 - \frac{1}{4} (h^2 + h'^2)$,

mettant ces valeurs dans l'équation (1), elle deviendra :

$$\cos. o = hh' + [1 - \frac{1}{4} (h^2 + h'^2)] \cos. o',$$

tirant la valeur $\cos. o'$, ou aura :

$$\cos. o' = \frac{\cos. o - hh'}{1 - \frac{1}{4} (h^2 + h'^2)}, \text{ et multipliant le numérateur par la puissance } -1 \text{ de}$$

$$[1 - \frac{1}{4} (h^2 + h'^2)]^{-1} = 1 + \frac{1}{4} (h^2 + h'^2),$$

on aura : $\cos. o' = \cos. o - hh' + \frac{1}{4} (h^2 + h'^2) \cos. o. \quad (2).$

D'un autre côté, nous avons supposé $o' = o + x$,

et comme x est fort petit, on aura : $\cos. o' = \cos. o - x \sin. o$;

mettant cette valeur dans l'équation (2), et tirant celle de $x \sin. o$,

ou aura : $x \sin. o = hh' - \frac{1}{4} (h^2 + h'^2) \cos. o. \quad (3);$

mais $\sin. o = 2 \sin. \frac{1}{2} o \cos. \frac{1}{2} o$, et $\cos. o = \cos. \frac{1}{2} o - \sin. \frac{1}{2} o$, mettant ces valeurs dans l'équation (3), et multipliant le terme hh' par $\cos. \frac{1}{2} o + \sin. \frac{1}{2} o = 1$, on aura, en développant :

$$\begin{aligned} x 2 \sin. \frac{1}{2} o \cos. \frac{1}{2} o &= hh' (\cos. \frac{1}{2} o + \sin. \frac{1}{2} o) - \frac{1}{4} (h^2 + h'^2) (\cos. \frac{1}{2} o - \sin. \frac{1}{2} o) = \\ &= hh' \cos. \frac{1}{2} o - hh' \sin. \frac{1}{2} o - \frac{1}{4} h^2 \cos. \frac{1}{2} o + \frac{1}{4} h^2 \sin. \frac{1}{2} o + \frac{1}{4} h'^2 \sin. \frac{1}{2} o - \\ &= \left(\frac{h^3}{2} + \frac{h'^3}{2} + hh' \right) \sin. \frac{1}{2} o - \left(\frac{h^3}{2} + \frac{h'^3}{2} - hh' \right) \cos. \frac{1}{2} o = (h + h')^2 \frac{1}{4} \sin. \frac{1}{2} o - (h - h')^2 \frac{1}{4} \cos. \frac{1}{2} o, \end{aligned}$$

$$\text{d'où } x = \frac{(h+h')^2 \sin. \frac{1}{2} o - (h-h')^2 \cos. \frac{1}{2} o}{4 \sin. \frac{1}{2} o \cos. \frac{1}{2} o} = \left(\frac{h+h'}{2} \right)^2 \tan. \frac{1}{2} o - \left(\frac{h-h'}{2} \right)^2 \cot. \frac{1}{2} o;$$

pour avoir x en secondes, il faudra multiplier les petits arcs h, h' par $\sin. 1''$, et on aura :

$$x = \left(\frac{h+h'}{2} \right)^2 \sin. 1'' \tan. \frac{1}{2} o - \left(\frac{h-h'}{2} \right)^2 \sin. 1'' \cot. \frac{1}{2} o,$$

alors on aura la valeur de $o' = o + x$;

le signe de x indiquera si la correction est positive ou négative ; nous avons représenté les distances zénithales obtenues en o par les signes Δ et Δ' : ainsi ici, on aura $h = 100^\circ - \Delta$ et $h' = 100^\circ - \Delta'$, alors on aura la formule donnée par les tableaux :

$$x = \left(100^\circ - \frac{\Delta + \Delta'}{2} \right)^2 \tan. \frac{1}{2} o \sin. 1'' - \left(\frac{\Delta - \Delta'}{2} \right)^2 \cot. \frac{1}{2} o \sin. 1''.$$

Exemple du calcul : On a observé en o un angle $o = 56^\circ 96' 52''$ compris dans le plan de deux signaux, dont les distances zénithales ont été trouvées de $\Delta = 98^\circ 25' 30''$ et $\Delta' = 99^\circ 05' 25''$. On dispose le calcul de la manière suivante :

$O = 56,9652$	$\Delta = 98^\circ 2530$
$\frac{1}{2} O = 28,4826$	$\Delta' = 99,0525$
	$\Delta + \Delta' = 197,3055$
	$\Delta - \Delta' = 0,7995$
$100^\circ - \frac{\Delta + \Delta'}{2} = 1,3472'' = P$	$\frac{\Delta - \Delta'}{2} = 0,3997'' = Q.$
1 ^{er} terme positif.	2 ^e terme négatif.
$\text{Log. sin. } 1'' = 4,19613$	$\text{Log. sin. } 1'' = 4,19613$
$2 \log. P = 8,25886$	$2 \log. Q = 7,20347$
$\text{Log. tang. } \frac{1}{2} O = 9,68111$	$\text{Log. cot. } \frac{1}{2} O = 0,31889$
$+ 2,13609 = 136'' 83$	$- 1,71848 = 52' 30$
1 ^{er} terme = $136'' 83$	
2 ^e terme = $- 52' 30$	
Réduction = $+ 84'' 53$	
Angle O , observé = $56^\circ 96' 52'' 00$	
Angle réduit à l'horizon = $56^\circ 97' 36'' 53$	

On trouve, dans le *Traité de Gécésie* de Puissant, des tables I et II qui abrègent ce calcul.

La première a pour argument, l'angle observé : c'est-à-dire qu'on entre dans cette table avec cet angle, et qu'on trouve vis-à-vis un des facteurs de la réduction.

La seconde a pour argument $200^\circ - (\Delta + \Delta')$ ou $(\Delta - \Delta')$, et donne les autres facteurs.

Ainsi, avec l'angle observé = $56^\circ 96' 52''$, on trouve dans la table I^{re}, intitulée *tangentes* et *cotangentes*, les deux facteurs :

$$+ 30'' 55 \quad - 132'' 72$$

avec les angles $200^\circ - (\Delta + \Delta') = 2,6945$ et $(\Delta - \Delta') = 0,7995$, on trouve, dans la table II', les deux autres facteurs :

$$4,82, \quad 0,394;$$

multipliant les deux précédents, respectivement par ceux-ci, les deux termes de la réduction deviennent

$$+ 136,82, \quad - 52,29;$$

réunissant ces deux produits qui sont toujours de signes contraires, on aura, comme ci-dessus, pour la réduction totale :

$$+ 84^{\circ} 53'.$$

Note. Il existe des tables semblables calculées dans le système sexagésimal.

ARTICLE II.

Résolution des triangles très peu courbes à la surface du sphéroïde terrestre; excès sphérique.

169. Soit ABC un triangle sphérique projeté sur la surface du sphéroïde terrestre; A, B, C ses angles, et a, b, c ses côtés.



Des sommets A, B, C de ce triangle, menons les rayons AO, BO, CO, au centre de la terre; ces rayons seront ce que nous représenterons par R, ou le rayon terrestre pour la localité. Ils détermineront un trièdre et un autre triangle sphérique $A_1 B_1 C_1$ sur une sphère concentrique dont le rayon $A_1 O = 1$; nous désignerons les angles de ce dernier par A, B, C , puisqu'ils sont égaux à ceux du premier, et ses côtés par $a' b' c'$.

Ce triangle sphérique A, B, C , nous donne la relation suivante :

$$\sin. a' \sin. b' \cos. C = \cos. c' - \cos. a' \cos. b'. \quad (1);$$

développant les sinus et cosinus en séries, on aura :

$$\sin. a' = a' - \frac{a'^3}{2.3} + \frac{a'^5}{2.3.4.5} - \text{etc.}; \quad \text{de même, pour } \sin. b',$$

$$\cos. a' = 1 - \frac{a'^2}{2} + \frac{a'^4}{2.3.4} - \text{etc.}; \quad \text{de même, pour } \cos. b' \text{ et } \cos. c';$$

substituant pour a', b', c' leurs valeurs $\frac{a}{R}, \frac{b}{R}, \frac{c}{R}$, et négligeant les 5^e puissances de ces fractions, puisque les arcs sont fort petits par rapport à R, on aura :

$$\sin. a' = \frac{a}{R} \left(1 - \frac{a^2}{6 R^2} \right); \quad \text{de même, } \sin. b' = \frac{b}{R} \left(1 - \frac{b^2}{6 R^2} \right),$$

$$\cos. a' = 1 - \frac{a^2}{2 R^2} + \frac{a^4}{24 R^4}; \quad \text{de même, } \cos. b' = 1 - \frac{b^2}{2 R^2} + \frac{b^4}{24 R^4};$$

$$\text{de même, } \cos. c' = 1 - \frac{c^2}{2 R^2} + \frac{c^4}{24 R^4};$$

substituant en valeurs dans l'équation (1), et développant les produits en négligeant le 5^e ordre, on aura :

$$ab \left(1 - \frac{a^2 + b^2}{6R^2} \right) \cos. C = \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2} + \frac{c^2 - a^2 - b^2 - 6a^2b^2}{24R^2};$$

divisant le premier membre par le coefficient de $\cos. C$, ou, ce qui revient au même multipliant par sa puissance -1 , qui est $(ab)^{-1} \left(1 + \frac{a^2 + b^2}{6R^2} \right)$, on a, en négligeant le 5^e ordre :

$$\cos. C = \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab} + \frac{(a^2 + b^2 - c^2)^2 - 4a^2b^2}{24abR^2} \dots (2).$$

Cherchons maintenant la valeur des angles d'un triangle rectiligne A', B', C' , qui serait formé avec des côtés a, b, c , c'est-à-dire ayant même longueur que ceux du triangle sphérique très peu courbe ABC . L'angle C' de ce triangle rectiligne sera donné en fonction de ses trois côtés, par la formule article 20.

$$\cos. C' = \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab} \dots (3),$$

mais $\cos.^2 C' = 1 - \sin.^2 C' = \frac{(a^2 + b^2 - c^2)^2}{4a^2b^2}$, d'où $4a^2b^2 - 4a^2b^2 \sin.^2 C' = (a^2 + b^2 - c^2)^2$,

$$\text{ou } -ab \sin.^2 C' = \frac{(a^2 + b^2 - c^2)^2 - 4a^2b^2}{4ab} \dots (4);$$

substituant ces valeurs dans l'équation (2), on aura :

$$\cos. C = \cos. C' - \frac{ab \sin. C'}{6R^2};$$

mais $\frac{1}{2}ab \sin. C'$ est l'expression de la surface du triangle, en la représentant par S , on aura :

$$\cos. C = \cos. C' - \frac{S}{3R^2} \sin. C' \dots (5);$$

Nous ferons remarquer ici que le triangle ABC et le triangle $A' B' C'$ ont, à fort peu près, la même surface, et qu'on peut prendre indifféremment S pour l'aire de l'un ou de l'autre de ces deux triangles.

Si l'on représente par x la petite différence entre les angles correspondants C et C' , on aura : $C = C' + x$, d'où $\cos. C = \cos. C' - x \sin. C' \dots (6);$

Comparant maintenant l'équation (6) avec l'équation (5), il faudra en conclure que

$$x = \frac{S}{3R^2}, \quad \text{et } C = C' + \frac{S}{3R^2};$$

comme ce dernier est une fonction symétrique des côtés, a, b, c , on aura de même :

$$B = B' + \frac{S}{3R^2}, \quad A = A' + \frac{S}{3R^2}, \quad \text{la somme de ces trois angles, donnera donc :}$$

$$C + B + A = C' + B' + A' + \frac{S}{R^2} = 200^\circ + \frac{S}{R^2};$$

Ainsi, la somme des angles de tout triangle sphérique très peu courbe, surpasse

200^e d'une quantité $s = \frac{S}{R}$. Cette quantité s est ce qu'on nomme l'*excès sphérique* ; en l'exprimant en secondes, on aura : $s = \frac{S}{R \sin. 1''}$.

Nous devons donc conclure de tout ceci, qu'il existe toujours un triangle rectiligne qui a les mêmes côtés a, b, c , qu'un triangle sphérique très peu courbe, et que les angles de ce dernier sont chacun plus grands que son correspondant, d'une quantité égale au tiers de l'excès sphérique.

Done, si l'on retranche $\frac{1}{3}s$ de chaque angle sphérique, A, B, C d'un triangle très peu courbe, le triangle sera changé en un autre rectiligne A', B', C' formé des mêmes côtés a, b, c .

170. *Calcul de l'excès sphérique.* — Nous avons dit (24) que, pour résoudre les triangles sphériques très peu courbes, il n'était pas nécessaire de calculer l'excès sphérique s , parce qu'il est compris dans le calcul même avec les erreurs d'observation, et nous avons, à cet égard, prescrit la méthode à suivre pour obtenir les angles corrigés ; mais lorsqu'il s'agit d'obtenir les azimuts des côtés, les latitudes et longitudes des stations, et la longueur d'un arc de méridien, on ne peut plus se dispenser de faire connaître s , et de faire la part des erreurs séparément.

Pour y parvenir, on cherche approximativement les côtés du triangle en considérant les angles réduits à l'horizon et au centre, comme ceux d'un triangle rectiligne, et la surface de celui-ci, comme égale à celle du triangle sphérique. Car l'aire du triangle n'a pas besoin d'être déterminée avec plus de précision, attendu que s est toujours d'un très petit nombre de secondes ; du reste, il est facile de se rendre compte de ce qu'on néglige, car l'expression du triangle sphérique est

$$\text{tang. } \frac{1}{2} S = \frac{\text{tang. } \frac{1}{2} a \text{ tang. } \frac{1}{2} b \sin. C}{1 + \text{tang. } \frac{1}{2} a \text{ tang. } \frac{1}{2} b \cos. C} ;$$

développant en série, et négligeant les quantités du 4^e ordre, qui sont tout à fait insensibles, on aura :

$$\frac{1}{2} S = \text{tang. } \frac{1}{2} a \text{ tang. } \frac{1}{2} b \sin. C ;$$

substituant aux tangentes des petits arcs, leurs valeurs en série, et ne conservant que le terme du 2^e ordre, qui est le plus considérable, on aura :

$$S = \frac{1}{2} a b \sin. C ;$$

donc, on pourra, sans inconvénient, poser $s = \frac{S}{R \sin. 1''} = \frac{a b \sin. C}{2 R \sin. 1''} = K a b \sin. C$,

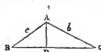
K représentant le coefficient constant $\frac{1}{2 R \sin. 1''}$;

ce coefficient constant dépend de la valeur de R, rayon de la terre pour la localité où l'on opère, en adoptant sa valeur moyenne 6366198 mètr., dont le log. = 6,838793, on aura pour la valeur de log. K :

$$\begin{aligned} \text{Log. } \frac{1}{2} &= 9,69897 \\ + \text{c log. sin. } 1'' &= 5,80388 \\ \hline 2 \text{ c log. R} &= 6,39224 \\ \hline \text{Log. K constant} &= 1,89509 \end{aligned}$$

et comme on connaîtra $a, b, \sin. C$, tout sera connu dans la formule qui donne s .

Pour abréger les calculs de l'excès sphérique qui se répètent souvent, on a réduit la formule en table



soit ABC le triangle rectiligne dont on demande la surface S ; en abaissant la perpendiculaire AD sur la base, elle décompose le triangle en deux autres $ABD + ADC$; or, on a $DC = b \cos. C$, $AD = b \sin. C$, $ACD = \frac{1}{2} b^2 \sin. C \cos. C = \frac{1}{2} b^2 \sin. 2C$; de même $ABD = \frac{1}{2} c^2 \sin. 2B$;

or,

$$S = \frac{1}{2} ab \sin. C,$$

done :

$$S = Kab \sin. C = 2KS = \frac{1}{2} K(b^2 \sin. 2C + c^2 \sin. 2B);$$

alors on calcule : au moyen d'une table à double entrée, dans laquelle on donne toutes les valeurs de $\frac{1}{2} K b^2 \sin. 2C$ pour tous les angles C de grade en grade, et toutes celles de b , de $1000''$ en $1000''$; on en tire de suite les deux termes de S , en entrant dans cette table avec les nombres b et c et les angles respectifs C et B , toujours un côté adjacent, et la somme des deux résultats est S (voir Table IV, PUISSANT, t. 1^{re}) ; on a soin encore de prendre B et C , de manière à ce qu'ils soient les deux plus petits, pour éviter que la perpendiculaire tombe hors du triangle.

Exemple du calcul :

Nos opérations dans les Pyrénées nous ont fourni le triangle suivant :

C. Crabère.	45°,6007.	$c = 31551,55$
B. Montcal.	52°,3538.	$b = 35189,36$
A. Tue de la Courate.	102°,0466.	$a = 47998,41$

Nous prendrons les données suivantes pour calculer :

$$C = 45^{\circ},60 \quad c = 32000$$

$$B = 52,35 \quad b = 35000$$

$$S = \frac{1}{2} K b^2 \sin. 2C + \frac{1}{2} K c^2 \sin. 2B.$$

Les Tables IV nous donnent :

$$1^{\text{er}} \text{ terme} = 4,75$$

$$2^{\text{e}} \text{ terme} = 4,01$$

$$S = 8,76$$

ARTICLE III.

171. La condition la plus avantageuse dans un triangle pour sa formation, est que les deux côtés cherchés soient chacun égaux à la base mesurée.

Soit donné un triangle ABC , dont les angles sont A, B, C et les côtés a, b, c , parmi lesquels b représente la base mesurée avec soin.

Le triangle donnera la relation $a \sin. B = b \sin. A$;
 en différenciant cette équation, b étant regardé comme constant, on aura :

$$da = \frac{b \cos. A}{\sin. B} dA - \frac{a \cos. B}{\sin. B} dB, \text{ mais on a } \frac{b}{\sin. B} = \frac{a}{\sin. A};$$

donc , $da = a \cot. A dA - a \cot. B dB$.

On suppose ici que les variations dA , dB , sont positives. Ces erreurs peuvent provenir de l'instrument et du pointé. Si on les regarde comme égales et dans le même sens, on aura pour l'erreur du côté cherché a

$$da = a dA (\cot. A. - \cot. B),$$

et da sera nulle si $A = B$.

-Si, au contraire, les erreurs dA et dB sont égales et de signes contraires,

on aura : $da = \pm a dA (\cot. A + \cot. B) = \pm a dA \frac{2 \sin. C}{\cos. (A - B) + \cos. C},$

et l'erreur sera la plus petite possible, lorsqu'on aura $\cos. (A - B) = 1$, ou $A = B$;
 donc, etc.

ARTICLE IV.

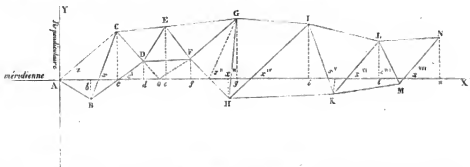
Tracé et calcul de la méridienne terrestre et des coordonnées des points, par rapport à la méridienne et à sa perpendiculaire.

172. La méridienne céleste d'un lieu s'obtient en concevant un plan passant par l'axe de rotation de la terre, et par le zénith de ce lieu à sa surface. Ce plan trace sur la sphère céleste, la circonférence d'un grand cercle qui sera le méridien de ce lieu. Tous les points de la surface de la terre qui auront leur zénith sur cette grande circonférence, auront tous ce même méridien céleste, et leur suite sur la surface de la terre tracera le méridien terrestre correspondant.

La sphère céleste étant d'un immense rayon, on pourra considérer toutes les verticales de tous ces points comme censées parallèles au plan du méridien céleste; ainsi on pourra dire que le méridien terrestre est une courbe formée par la jonction des pieds de toutes les verticales parallèles au plan du méridien céleste. Cette courbe s'écarte de ce plan, si la terre est un sphéroïde irrégulier, et elle est alors à double courbure; mais elle est tout entière dans ce plan, si la terre est un solide de révolution.

Pour tracer sur la terre un méridien terrestre, on se servira d'une lunette dirigée vers le pôle et ayant la propriété de se mouvoir dans le plan vertical. Cette lunette donnera la facilité de faire établir au loin dans ce plan, deux signaux, l'un vers le nord, l'autre vers le sud; on transporte ensuite cette lunette à l'un de ces signaux, on la dirige sur la première position qu'on a signalée, et, quand elle est orientée, on s'en sert pour faire placer d'autres signaux au loin dans son plan, et ainsi de suite.

Lorsqu'on a mesuré une chaîne de triangles dans le sens d'un méridien, au lieu de tracer effectivement la ligne méridienne sur le sol, on détermine ses points de passage par rapport à la chaîne mesurée, en se servant du procédé suivant :



On a calculé, par exemple, une chaîne de triangles sphériques très peu courbes ABC, BCD, DEF, etc., et dirigée dans le sens de la méridienne AX.

On détermine par la lunette méridienne l'azimut d'un des côtés de la chaîne avec cette méridienne, soit, par exemple, $C Ax = Z$ cet angle, on aura alors tout ce qu'il faut pour calculer les triangles ACx et ABx : ce qui fera connaître le point x, où la courbe rencontre le côté BC,

Le triangle ABC étant réduit à l'horizon, les trois sommets sont dans un même plan horizontal tangent à la surface de la terre, et Ax, située dans ce plan, représentera une tangente à la surface de la terre; son prolongement xx' sera au-dessus du plan du second triangle CBD; mais, si on rabat xx' sur le plan de ce second triangle, sans changer l'angle Cxx', en faisant tourner xx' au tour de BC comme axe, le point x' décrira un petit arc de cercle qui pourra être considéré comme une droite perpendiculaire au plan BCD; l'opération se réduit donc à plier la ligne xx' suivant une verticale, et à calculer la distance Ax, pour trouver la position du point x'. Continuant à plier ainsi de proche en proche les parties de la méridienne sur les plans horizontaux correspondants, le calcul fournira la direction et la longueur de cette méridienne depuis un bout de la chaîne jusqu'à l'autre.

Mais dans ce genre de calcul, il faut avoir la connaissance de l'excès sphérique de chaque triangle, parce que ce sont les angles sphériques de ces triangles qu'il faudra combiner pour avoir les azimuts de cheminement. Ces angles sphériques seront dans chaque triangle, les angles horizontaux corrigés chacun du tiers de la quantité dont leur somme diffère de deux angles droits, plus l'excès sphérique (Notes, art. 2).

Ainsi, dans le premier triangle partiel ACx, l'angle A est l'azimut Z donné par l'observation. L'angle C est un des angles sphériques du triangle ABC, et au moyen de ces deux angles et du côté AC connu, on calculera l'excès sphérique du triangle ACx. Le troisième angle sera, par conséquent, angle $x = 200^\circ + \frac{1}{2} - A - C$; alors, ôtant $\frac{1}{2}$ de chaque angle, leur somme sera réduite à deux angles droits, et on pourra résoudre le

triangle sphérique très peu courbe à la manière des triangles rectilignes par les deux proportions suivantes :

$$\sin. (200^\circ - A - C + \frac{1}{2} \epsilon) : \sin. (C - \frac{1}{2} \epsilon) :: AC : Ax,$$

$$\sin. (200^\circ - A - C + \frac{1}{2} \epsilon) : \sin. (A - \frac{1}{2} \epsilon) :: AC : Cx.$$

En traitant de même le triangle ABx dans lequel $xAB = CAB - Z$, et où l'autre angle B est un des angles du triangle ABC , ou aura la longueur de Bx , et, en l'ajoutant à Cx , on devra retrouver le côté BC calculé directement. Ce triangle fournira aussi une vérification pour la partie commune de la méridienne, c'est-à-dire Ax .

$x x'$ pourra se calculer soit par le triangle Bxx' dans lequel les angles nécessaires peuvent évidemment s'obtenir par la combinaison d'angles connus, et par le côté Bx ; mais on peut avoir Ax' immédiatement, par la résolution du triangle ABx' , et il est essentiel pour abréger le calcul de la méridienne de bien choisir ses triangles.

Dans le cas où la chaîne de triangle s'écarte de la méridienne, il y a des lacunes comme celle de x' à x'' , mais en prolongeant convenablement certains côtés, on comble cette lacune par des triangles partiels; ainsi, dans le cas de la figure, on pourra résoudre les triangles Cxo , celui-ci obtenu par le prolongement de CD jusqu'à la méridienne; les triangles $x'Do$, oDF , oFx'' , FGx'' , etc.; c'est à l'opérateur à choisir les combinaisons les plus convenables.

La ligne ainsi tracée se nomme *ligne géodésique*; elle a la propriété d'être la plus courte que l'on puisse mener entre ses deux extrémités sur la surface de la terre.

Par un procédé analogue, on peut tracer une ligne perpendiculaire à la méridienne: car il suffit d'imaginer un cercle perpendiculaire au méridien céleste et passant par la verticale du lieu de l'observateur; il représentera le premier vertical de ce lieu, et la suite de tous les points de la surface de la terre qui auront leur zénith sur la circonférence de ce cercle, formera la perpendiculaire à la méridienne.

Ces deux lignes une fois tracées, on pourra leur rapporter la position des différents sommets de la chaîne, en calculant les ordonnées et les abscisses Bb , Ab ; Cc , Ac , etc., de chaque sommet B , C , ..., etc., par la même méthode que pour le calcul des fractions Ax et Cx , c'est-à-dire en tenant compte de l'excès sphérique. Ainsi, pour résoudre le triangle rectangle AcC , où il s'agira de trouver Ac et Cc , on posera les proportions :

$$\sin. (100^\circ - \frac{1}{2} \epsilon) : \cos. (Z - \frac{1}{2} \epsilon) :: AC : Ac = x,$$

$$\sin. (100^\circ - \frac{1}{2} \epsilon) : \sin. (Z - \frac{1}{2} \epsilon) :: AC : Cc = y,$$

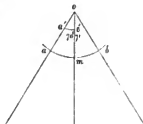
dans lesquelles ϵ représente l'excès sphérique du triangle AcC et Z l'azimut du côté AC .

173. Exemple du calcul des distances à la méridienne et à la perpendiculaire.

On a trouvé le côté Panthéon-Dammartin $= B = 33495^m,32$, $\log. B = 4,5249711$, $Z =$ azimut de Panthéon-Dammartin compté du nord $= 51^\circ,5003$.

On demande les coordonnées exactes de Dammartin par rapport à la méridienne et à sa perpendiculaire.

ne décrire que le quart de la circonférence du parallèle moyen dont ae est le rayon; ou, ce qui revient au même, calculer l'ouverture en grades, de l'angle qui doit comprendre cette ouverture d'arc.



Or, on trouve dans les tables de logarithmes, en prenant sur ao une longueur $a'o$ égale au rayon de ces tables = 1,

$$\text{Log. sin. } 50^\circ = 9,8494850, \quad a'e = \sin. 50^\circ = 0,70711.$$

La circonférence du cercle, dont $a'e'$ est le rayon, sera :

$2a'e'$ ou son diamètre, multiplié par le rapport de la circonférence au diamètre 1, ou par 3,1415926, le quart de cette circonférence sera donc :

$$\frac{1}{4}a'e' \times 3,1415926 = 1,110.$$

Ainsi l'angle aOb soutendra un arc donné par les tables, égal à 1,110.

Pour avoir sa longueur en grades, il suffira de faire la proportion suivante :

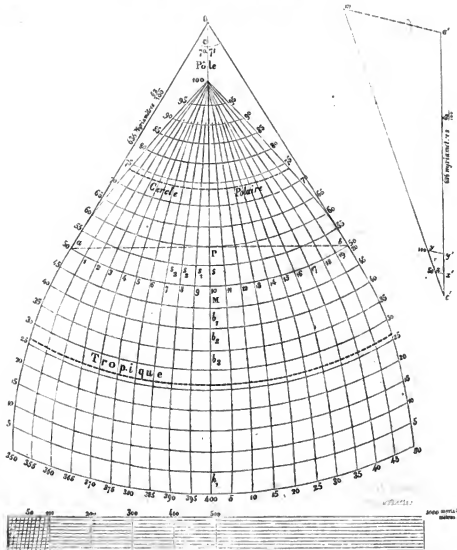
La demi-circonférence du rayon 1 ou 3,141, est à la demi-circonférence de $200^\circ ::$ l'arc 1,110 : x ;

$$\text{d'où} \quad x = \frac{1,110 \times 200}{3,14} = 70^\circ,71.$$

Maintenant qu'on connaît l'ouverture de l'angle aOb , par l'amplitude de l'arc qu'il soutend, et que nous venons de trouver égale à $70^\circ,71$, on construira cet angle, et l'arc $amb = \frac{1}{4}$ du parallèle moyen sera déterminé.

Pour avoir la position des parallèles et la longueur de leurs grades respectifs, il faudra construire une échelle basée sur ce que le rayon moyen de la terre est égal à 6366198 mètres.

Si l'on veut construire l'épure avec une échelle quelconque, c'est-à-dire qui n'ait pas un rapport déterminé avec le mètre, on pourra tracer deux lignes $c'm$ et $c'a$ sous un angle quelconque, et prendre sur l'une d'elles $c'a'$, une longueur arbitraire par rapport au mètre, et égale à ao longueur adoptée pour représenter la tangente ao ou le rayon de la terre. Cette longueur représentera donc dans notre miniature, comme nous l'avons dit, 6366198 mètres ou autrement 636 myriamètres $\frac{636}{1000}$.



Sur la ligne indéfinie $m'c$, on portera 636 parties $\frac{22}{111}$, et par le point de division m ainsi obtenu, on tirera la ligne ma' ; par tous les points de division de mc , on tirera les lignes xx', yy' , parallèles à ma' , ce qui divisera notre longueur $a'c'$ adoptée, en 636 parties $\frac{22}{111}$.

Si l'on veut avoir les grades de longitudes de cinq en cinq grades, ou divisera l'arc de cercle aMb en 20 parties égales, et le milieu M de cet arc, situé sur l'axe OM , sera le milieu de la carte. L'axe OM représentera le méridien central.

On prendra sur ce méridien, en dessus et en dessous de M , des parties égales à $c'x'$ données par l'échelle de proportion, en observant que 50 myriamètres représentent cinq grades du méridien terrestre, et que $c'x'$ correspond à 50 parties de l'échelle.

On aura par là les divisions $b_1, b_2, b_3, \dots$, etc., sur l'axe OM et du point O comme centre, avec les rayons $Ob_1, Ob_2, Ob_3, \dots$, etc., on décrira les parallèles (45, 45) — (40, 40) — (35, 35) — ..., etc.

Il nous reste à déterminer la longueur de ces parallèles. Or, la longueur du grade étant variable d'un parallèle à l'autre, puisque cette longueur dépend de leur rayon, lequel est connu par la latitude de ces parallèles, pour abréger le travail, on a construit une table qui donne la longueur du grade en longitude, pour une latitude connue : ainsi, on trouve dans ces tables que, sur le parallèle du 55° grade, la longueur du grade en longitude, est de 6 myriam., 49. Il faudra donc, à partir de l'axe de la carte, porter à droite et à gauche sur le parallèle du 55° grade, l'intervalle $6^{\text{myriam.}}, 49 \times 5 = 32^{\text{myriam.}}, 45$ pris sur l'échelle, ce qui donnera les divisions $S_1, S_2, S_3, \dots$, etc.

On fera de même en se servant de la table pour tous les autres parallèles, et, lorsque tous les points par où doivent passer les méridiens, auront été déterminés de cette manière, on tracera ces méridiens, en joignant les points d'intersection déterminés, avec une règle flexible pour leur ménager leur courbure..

Il est à remarquer que l'amplitude d'un arc de parallèle quelconque déterminé par cette méthode, sera un peu plus grande qu'elle ne devrait être, puisque l'on donne à la corde d'un arc de 5 grades, la longueur même de cet arc; mais l'erreur qui en résulte est d'autant moindre, que la courbure des parallèles est plus petite. D'ailleurs on pourrait, comme pour le parallèle moyen, déterminer l'amplitude de tout autre parallèle, par l'angle que forment les deux rayons menés aux extrémités de ce parallèle.

176. Nous avons pris $a'c'$ arbitrairement pour représenter le rayon de la terre; mais, le plus ordinairement, on en fixe la longueur à l'aide d'une échelle, dont les parties sont dans un rapport déterminé avec le mètre; ainsi, au Dépôt de la guerre, l'échelle, pour le dessin de la gravure de la carte de chacune des quatre parties du monde, est $\frac{1}{10000000}$. D'après cela, le rayon de la terre, qui est de 6366198 mètres, sera donné par la proposition suivante :

$$200,000 : 1 :: 6366198 : r = 3^{\text{m}}, 18.$$

Ainsi, pour que l'échelle de cette carte soit divisée de 10 en 10 myriamètres, ou de 100,000^m en 100,000^m, il faut que 10 myriamètres soient représentés par une longueur réelle de 5 centimètres.

Alors c'est une échelle métrique, comme celle qui est au-dessous de la figure, qui remplacera celle que nous avons prise primitivement sur $a'c'$.

Tracé des parallèles par points dans la projection modifiée de Flamsteed; le parallèle moyen étant, par exemple, celui du 56° grade.

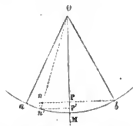
177. En ayant égard à la difficulté qu'on éprouve à décrire des arcs avec des rayons qui excèdent de beaucoup les dimensions de la carte et les ouvertures des plus grands compas, on est amené à chercher à construire les arcs par points.

Pour cela on calcule, comme dans l'exemple précédent, la valeur de l'angle aOb en degrés.

A l'aide de aOp , moitié de aOb , on calcule dans le triangle rectangle OaP ,

$$Op = aO \cos. aOp, \quad \text{et} \quad aP = aO \sin. aOp;$$

On trace alors un axe OM pour celui de la carte, on prend dessus un point M pour le centre de cette carte; la différence entre aO ou OM avec Op , donnera PM ; au point P , on élèvera la perpendiculaire à l'axe, prolongée à droite et à gauche d'une distance égale à aP ce qui donne les deux points a et b , extrémités de la corde du parallèle moyen.



Il sera facile de déterminer alors autant de points que l'on voudra de l'arc aMb , en les rapportant à sa corde. Car, dans un cercle dont les coordonnées sont au centre, on a toujours $x^2 + y^2 = r^2$, analyse appliquée, d'où $x = \sqrt{r^2 - y^2}$.

D'après cela, pour une longueur donnée sur la corde, pour nP par exemple, on calculera l'ordonnée nn' comme il suit :

$$nn' = Op' - Op, \quad \text{mais} \quad Op' = \sqrt{On^2 - n'v^2} = \sqrt{On^2 - n^2P^2} = \sqrt{(On' + nP)(On' - nP)},$$

d'où $nn' = \sqrt{(On' + nP)(On' - nP)} - Op$, dans laquelle on connaît $On' = Oa$ et nP qui est donné. Si, pour plus de facilité, on divise la corde ab en parties égales, la formule donnera les ordonnées de l'arc, correspondantes aux divisions de cette corde.

Par le même procédé, on tracera la corde de tous les autres parallèles, et on déterminera aussi les diverses ordonnées de leurs arcs.

On joindra ensuite tous les points ainsi obtenus, par une règle flexible, pour avoir la courbure des parallèles et des méridiens.

ARTICLE VI.

Partage de la carte de France en plusieurs feuilles.

178. *Dimensions des feuilles de la carte de France.* — La grande étendue de pays à figurer dans une carte exige souvent qu'elle soit composée de plusieurs feuilles; ainsi, pour les cartes gravées au Dépôt de la guerre, on est convenu de donner constamment.

aux cadres des feuilles qui composent une carte, 8 décimètres de longueur sur 5 décimètres de hauteur, afin de les rendre faciles à consulter, leur donner des dimensions agréables à l'œil et les assujettir toutes au même format. Ces feuilles sont donc formées par des perpendiculaires au méridien de la carte et à la tangente du parallèle moyen, menées aux distances mentionnées ci-dessus.

D'après ce mode de division, on voit qu'à l'échelle de 1 mètre pour 10,000 mètres, ou autrement dit, à l'échelle du $\frac{1}{10,000}$, qui est celle de la minute adoptée primitivement dans les levés de détail pour la nouvelle carte de France, une feuille représente un espace de terrain dont l'aire est égale à celle d'un rectangle de 8 millimètres de base sur 5 millimètres de hauteur, c'est-à-dire de 4,000 hectares. La gravure de cette carte devant être à l'échelle du 80 millième, la surface de terrain comprise dans chaque feuille sera représentée par un rectangle de 64,000 mètres de longueur sur 40,000 mètres de hauteur; elle sera donc de 256,000 hectares, c'est-à-dire soixante-quatre fois plus grande qu'à l'échelle du 10 millième. On voit, par conséquent, qu'une feuille de gravure se composera de la réduction de 64 feuilles-minutes.

Nota. Pour hâter le travail, on a imaginé de se servir des plans du cadastre; alors les officiers exécutent leur reconnaissance sur des minutes à l'échelle du 40 millième.

Système d'axes rectangulaires, auquel on rapporte les projections des points trigonométriques.

180. *Position des points par rapport aux axes.* — Nous avons fait voir qu'il fallait renoncer à l'usage du compas pour tracer les parallèles dans une carte d'une grande étendue; et nous avons dit qu'on remplissait le même but, avec beaucoup de précision et de facilité, en déterminant une série de points de ces courbes circulaires, à l'aide de leurs coordonnées rectangulaires. C'est ainsi que, sur les feuilles de la gravure, l'on trace de décigrade en décigrade les méridiens et les parallèles.

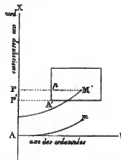
Nous avons dit aussi que les axes des coordonnées étaient représentés, sur la carte, par le méridien principal, ou celui de l'Observatoire national, et la perpendiculaire à ce méridien, passant par le point du 50° grade de latitude.

Le premier axe, AX, est celui des abscisses, et le second, AY, est celui des ordonnées.

Le point A, où ces deux lignes se coupent, se nomme *centre du développement* ou *de la carte*; ainsi, l'axe des ordonnées est tangent au parallèle moyen Am.

On désigne, en général, par X, Y, les coordonnées absolues d'un point quelconque M, c'est-à-dire $AP=X$ et $PM=Y$. Ces coordonnées prennent aussi les noms de *distances à la méridienne* et à la *perpendiculaire* du centre de la carte, elles s'obtiennent au moyen de tables construites à cet usage en ayant égard à la règle des signes.

Cette règle des signes consiste à considérer les abscisses X comme positives, toutes

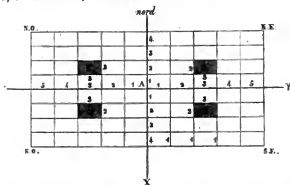


les fois qu'elles devront être portées au sud de l'axe des ordonnées, et comme négatives dans le cas contraire. Les ordonnées Y seront affectées du signe + lorsqu'elles se trouveront à l'ouest de la méridienne de départ, et du signe — lorsqu'elles seront à l'est de cette ligne.

Correction à faire dans les Tables de Plessis pour l'aplatissement. — Des tables immenses, dressées par les soins de Plessis, donnent en mètres et à l'échelle de la nature, ou de 1 pour 1, les coordonnées X, Y, des points d'intersection des méridiens et des parallèles mesurés en degré, dans une position de zone considérable, traversée en son milieu par le parallèle du 50° grade de latitude. Ces tables manuscrites ont été calculées dans l'hypothèse de $\frac{1}{174}$ d'aplatissement terrestre, et sont principalement destinées à la construction du canevas de la carte de France. Or, les latitudes et les longitudes de tous les points fondamentaux de la nouvelle carte de France devant être calculées en faisant l'aplatissement de $\frac{1}{164}$ (art. 28), il est important d'apprécier l'influence qu'une petite variation dans cet élément, exerce, en général, sur les valeurs des coordonnées absolues des points de la projection. On y arrive au moyen de la table I^{re}. (PUISSANT, *Instruction sur l'usage des tables de projection.*)

Tableaux d'assemblage adoptés pour la minute au dix millième, et pour la gravure au quatre-vingt millième. Notations des feuilles.

181. Sur l'axe des abscisses, et à partir de l'origine A, l'on porte vers le nord ou le haut de la carte, et vers le sud, des distances de 5 décim. ;



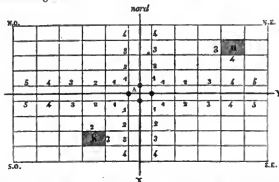
puis sur l'axe des ordonnées, et à partir du même point, tant vers l'est que vers l'ouest, des distances de 8 décimèt. ; ensuite si, par tous les points de division, l'on mène des parallèles à ces axes formant quatre régions distinctes, ces régions seront divisées en rectangles, dont chacun représentera une feuille de la carte. Maintenant, pour reconnaître au besoin la place que chaque feuille, prise isolément, occupe relativement aux autres, on emploiera deux numéros, l'un qui assigne son rang dans le sens du méridien principal ou de l'axe des abscisses, l'autre qui marque son rang dans le sens de l'axe des ordonnées ; et, pour savoir en outre dans quelle région cette feuille est comprise,

on placera ces numéros au milieu des côtés qui forment l'angle de la feuille, dont le sommet est le plus près du centre de développement.

Par exemple, la feuille B, placée dans la région sud-est, sera numérotée ainsi : $2 \begin{smallmatrix} 3 \\ \square \end{smallmatrix}$; la feuille C, qui est située dans la région sud-ouest, aura pour notation $\begin{smallmatrix} 3 \\ \square \end{smallmatrix} 2$, etc.

Cette notation écrite s'exprime en tête du tableau n° 7 bis. Pour l'énoncer dans le langage ordinaire, on indiquera d'abord la région de la feuille ; ensuite les deux numéros qui l'accompagnent, en commençant par celui de la hauteur.

182. Il est à regretter que ce système de division, qui est remarquable par sa simplicité, n'ait pas été appliqué au tableau d'assemblage des feuilles de gravure au 80 millième ; mais il a fallu le modifier conformément à la décision de la Commission royale, qui a trouvé peu commode de représenter Paris et ses environs sur deux feuilles, et qui a jugé convenable, pour obvier à cet inconvénient, de placer le point du 50° grade de latitude, pris sur le méridien de l'Observatoire national, au milieu d'une feuille de 5 décim. de hauteur sur 8 décim. de longueur. La figure suivante représente la nouvelle notation des feuilles de gravure :



Ainsi, toute feuille qui est traversée en son milieu par le méridien principal ou l'axe des abscisses, sera marquée d'un zéro au milieu de la longueur, et d'un chiffre significatif au milieu de sa hauteur, indiquant le rang que cette feuille occupe à partir de celle du centre de la carte.

Pareillement, toute feuille traversée par l'axe des ordonnées ou la tangente au moyen parallèle, portera deux numéros, l'un zéro placé au milieu de la hauteur, l'autre au milieu de sa longueur, indiquant la place que cette feuille occupe à partir de la feuille du centre qui sera désignée par $0 \begin{smallmatrix} 0 \\ \square \end{smallmatrix}$ ou $\begin{smallmatrix} 0 \\ \square \end{smallmatrix} 0$.

Quant aux autres feuilles, dont les deux numéros seront significatifs : elles devront être indiquées comme ci-dessus, afin qu'on sache sur-le-champ dans quelle région elles se trouvent. Par exemple, la feuille II, qui occupe la région nord-est, aura pour notation absolue $\begin{smallmatrix} 1 \\ \square \end{smallmatrix} 2$; pareillement, la feuille K, placée dans la région sud-ouest, sera numérotée ainsi : $2 \begin{smallmatrix} 4 \\ \square \end{smallmatrix}$.

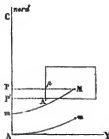
Les lignes de cadre d'une feuille sont des coordonnées relatives auxquelles on rapporte les points trigonométriques.

183. Soit qu'il faille tracer les méridiens et les parallèles sur la carte, soit qu'il s'agisse simplement d'y projeter un point trigonométrique, il faut, pour la facilité des opérations graphiques, transporter l'origine des coordonnées rectangulaires à l'un des angles de la feuille sur laquelle on veut opérer, et prendre pour nouveaux axes les côtés mêmes de cet angle.

Ainsi le point M, dont les coordonnées absolues sont $AP=X$, $PM=Y$, se projettera au moyen des coordonnées relatives $AP'=dx$, $PM'=dy$; et, si l'on désigne par X' , Y' , les coordonnées absolues AP' , $P'A'$ de la nouvelle origine A' , on aura évidemment :

$$dx=X-X', \quad dy=Y-Y'.$$

Les valeurs des constantes X' , Y' pour une même feuille, dépendent de la grandeur de l'échelle et du rang que cette feuille occupe dans le tableau d'assemblage. Par exemple, en supposant que la feuille M ait pour notation $\sqrt[10]{10}$, et qu'elle représente le terrain au 10 millième, on aura $X'=4 \times 5000 = 20000''$ et $Y'=8 \times 8000 = 64000''$, puisque la feuille dont il s'agit est la cinquième à partir de l'axe des coordonnées, et la neuvième à partir de l'axe des abscisses.



La Table de projection de Plessis, ou celle IV du *Traité de Topographie*, donnent les coordonnées absolues d'un point quelconque dont on connaît la latitude et la longitude.

184. Si l'on veut que, sur la carte au 80 millième, les méridiens et les parallèles soient menés de décigrade en décigrade, on trouvera sur-le-champ, dans la Table manuscrite de Plessis, les coordonnées X et Y des points d'intersection de ces courbes, comptées à partir de 50° grade de latitude. Cette table, qui est à double entrée, donne l'abscisse X positive ou négative, selon qu'elle se porte au nord ou au sud de l'origine A, et elle suppose l'ordonnée Y positive : il en est de même de la table du traité de topographie. Celle de Plessis a la forme suivante :

LONGITUDE.	LATITUDE $53^\circ,4$.					
	X	ΔX	$\Delta^2 X$	Y	ΔY	$\Delta^2 Y$
$4^\circ,0$	346026,21	301,079	$+7,423$	268095,02	6698,051	$-0,413$
$,1$	346327,32	08,502		274793,07	7,641	
$,2$	346635,82	15,925		281490,71	7,228	
$,3$	346951,74	23,348		288187,91	6,815	
$,4$	347275,09	30,771		294884,76	6,402	
$,5$	347605,86	38,194		301581,16	5,989	
						

On voit donc que le point, dont la latitude est de $53^{\circ},4$ et la longitude $4^{\circ},5$, a pour coordonnées absolues :

$$X = 347605,86, \quad Y = 301581,16;$$

mais ces valeurs étant relatives à l'aplatissement $\frac{1}{333}$, il est nécessaire, pour se conformer à l'article 3, d'y appliquer les corrections données par la Table I (PUISSANT, *Instr. sur les tables de project.*): ainsi, pour l'aplatissement $\frac{1}{333}$ $X = 347606$ $Y = 301581$

$$\text{corrections (table I)} \quad + \quad 6 \quad + \quad 82$$

$$\text{pour l'aplatissement} \dots \frac{1}{333}, \quad X = 347612^{\text{m}} \quad Y = 301665^{\text{m}}$$

Lorsque les points d'un même méridien ou d'un même parallèle ont été obtenus de la sorte, on les unit par une courbe. Sur la carte, qui sera gravée au quatre-vingt millièm, les quadrilatères qui seront formés par les méridiens et les parallèles espacés de décigrade en décigrade, seront sensiblement des parallélogrammes; c'est l'ensemble de ces lignes qui constitue le canevas de la carte.

9. S'il fallait déterminer les coordonnées rectangles d'un point quelconque, dont la latitude et la longitude ne fussent pas des arguments exacts de la Table de projection de Plessis, on opérerait la double interpolation ainsi qu'il suit.

Suivant M. Henry (page 101 de son *Mémoire précité*), la position de la Tour de Berne est telle que

$$\text{Sa longitude orientale.} \dots = 5^{\circ},6783,$$

$$\text{Sa latitude boréale.} \dots = 52^{\circ},1642.$$

Pour avoir les coordonnées absolues de ce point sur la projection du Dépôt de la guerre, on trouvera dans la Table de Plessis, à la longitude $5^{\circ},6$, et pour les latitudes

$$\begin{array}{l} 52^{\circ},1. \dots x' = 221957,69 \quad \left| \begin{array}{l} + \Delta x' \\ \parallel y' = 383639,11 \end{array} \right| - \Delta y' \\ 52^{\circ},2. \dots x'' = 231940,05 \quad \left| \begin{array}{l} 9982,4 \\ \parallel y'' = 382996,71 \end{array} \right| \quad 643,6. \end{array}$$

Ainsi, puisque les différences premières correspondantes à un dixième de grade de latitude, sont

$$\Delta x' = 9982,4; \quad \Delta y' = 643,6,$$

ou a proportionnellement, pour l'excès de la latitude, $0^{\circ},1642 = n$,

$$n \Delta x' = 9982,4 \times 0,1642 = 6409$$

$$n \Delta y' = 643,6 \times 0,1642 = 413.$$

Les coordonnées du point, dont la longitude $= 5^{\circ},6$ et la latitude $= 52^{\circ},1642$ sont donc :

$$x = x' + n \Delta x' = 228367^{\text{m}}$$

$$y = y' - n \Delta y' = 383226.$$

Reste à trouver les variations de ces coordonnées dans le sens de la longitude, et pour $0^{\circ},783 = n'$; or, la Table de Plessis donne sur-le-champ à la latitude $52^{\circ},1$ et pour la longitude $5^{\circ},6$,

$$\Delta x = 429,7 \quad \Delta y = 6811,7;$$

ainsi, proportionnellement pour n' , on a

$$n' \Delta x = 336'' \quad n' \Delta y = 5357'',$$

par conséquent, les coordonnées cherchées sont :

$$X = x + n' \Delta x = 228703$$

$$Y = y + n' \Delta y = 388583.$$

quantités qu'il faudra augmenter respectivement de $\frac{1}{2}$ et de 102, pour les faire rentrer dans l'hypothèse de 0,00324 d'aplatissement.

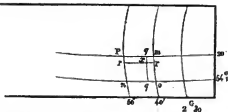
La règle des signes à laquelle il faut s'astreindre, consiste à considérer les abscisses comme positives, toutes les fois qu'elles devront être portées au sud de l'axe des ordonnées, et comme négatives dans le cas contraire. Les ordonnées Y seront affectées du signe +, lorsqu'elles se trouveront à l'ouest de la méridienne de départ, et du signe — lorsqu'elles seront à l'est de cette ligne.

Moyen employé au Dépôt de la guerre pour placer un point avec sa latitude et sa longitude, en ayant la projection des méridiens et des parallèles.

185. Les méridiens et les parallèles sont tracés sur les feuilles de la Carte de France, ainsi que nous l'avons expliqué, en se servant des Tables de Plessis, et ces projections sont remises entre les mains des officiers pour qu'ils placent les points intermédiaires, au moyen de leurs latitudes et de leurs longitudes.

Ils se servent, à cet effet, de compas de proportion qui abrègent tout calcul ; mais, lorsqu'on n'est pas muni de ces compas, on peut procéder de la manière suivante :

Les feuilles de projection sont ordinairement à $\frac{1}{400000}$, depuis qu'on se sert du cadastre ; ces projections ont, je suppose, la forme suivante :



où les méridiens et les parallèles sont tracés de 10' en 10'.

Le point à placer a pour coordonnées : $54^{\circ}, 1730$ latitude
+ $2^{\circ}, 4313$ longitude.

Le point x cherché sera donc dans l'espace $mpno$.

Sur une échelle métrique, on mesure combien 10' en latitude embrassent de millimètres pour cette position ; de même, combien 10' en longitude embrassent de millimètres.

Supposons qu'on ait trouvé $10' = 250^{\text{mm}}$ en latitude,
 $10' = 170$ en longitude,

ou fera les proportions :

$$10' : 250 :: 7,30 : x = \frac{250 \times 7,30}{10} = 182^{\text{m}},5$$

$$10 : 170 :: 3,13 : x = \frac{170 \times 3,13}{10} = 53^{\text{m}},2$$

on prendra $oq = mq = 53^{\text{m}},2$, on joindra qq ,

on prendra $nr = or = 182^{\text{m}},5$, on joindra rr ,

et le point d'interjection x sera le point demandé.

ARTICLE VII.

Hauteurs au-dessus du niveau de la mer par le baromètre.

186. La relation qui existe entre la hauteur du mercure dans le baromètre et celle parcourue dans le sens de la verticale par l'observateur, a donné lieu au calcul des différences de niveau par les seules observations barométriques et thermométriques.

Lorsqu'on veut déterminer la différence de niveau de deux stations, il est essentiel de faire des observations correspondantes et simultanées de quart-d'heure en quart-d'heure, avec des baromètres et des thermomètres bien comparés avant l'observation.

Lorsqu'un observateur est contraint à opérer seul, il faut qu'il obtienne, par un très grand nombre d'observations, la hauteur moyenne du baromètre et la température moyenne pour chacune de ses deux stations; après quoi, il calcule avec ces données, comme si elles résultaient d'observations simultanées.

Des observations bien faites, dans un lieu voisin, peuvent servir de termes de comparaison; c'est ce qui arrive dans les contrées où il se trouve un observatoire.

On a trouvé que la hauteur du baromètre est $0^{\text{m}},7629$, au niveau de l'océan, sous la latitude de $55^{\circ}55'$, et à la température moyenne de $12^{\circ},8$. On sait également qu'au niveau des eaux moyennes de la Seine sous le Pont-Royal, la hauteur moyenne du baromètre est de $0^{\text{m}},76$ à la température de 12° . On pourra alors partir de ces données, pour conclure au moyen de ses observations barométriques la hauteur verticale au-dessus de la mer ou de la Seine, de tel point que l'on voudra, en y faisant un grand nombre d'observations.

M. Ramond indique le milieu du jour comme l'époque la plus favorable à l'observation, surtout si l'atmosphère est calme et si le baromètre et le thermomètre, placés à l'ombre, à l'abri de toute cause accidentelle de chaleur, restent longtemps stationnaires.

187. *Emploi des instruments.* — Le baromètre a été modifié de plusieurs manières pour le rendre plus facile à transporter; il est généralement composé d'un tube de verre, protégé plus ou moins par un tube de cuivre. Dans celui de Fortin, l'extrémité du tube de verre communique au mercure contenu dans une cuvette dont le fond est mobile et se meut à volonté à l'aide d'une vis, pour amener la surface du mercure à un niveau fixe, qui est marqué par le zéro d'une échelle. Ce niveau est exactement à

l'extrémité d'une petite pointe en ivoire, attachée à l'enveloppe de la cuvette et disposée verticalement.

Un petit thermomètre à mercure, d'une grande sensibilité, est encaissé dans la monture du baromètre et fait connaître la température de la colonne barométrique.

Un anneau *curseur* , muni d'un vernier, embrasse la monture et entraîne, dans son déplacement, deux petits plans de *mire* parallèles entre eux, et dont les arêtes inférieures sont exactement perpendiculaires à l'axe du tube.

Pour opérer, le baromètre se suspend verticalement au moyen de son pied à trois branches ; alors , on amène la surface du mercure contenu dans la cuvette, en contact avec la pointe d'ivoire et, dans la coïncidence parfaite, la pointe et son image réfléchie paraissent en juxta-position.

On observe ensuite la hauteur de la colonne de mercure en faisant mouvoir l'anneau curseur jusqu'à ce que les arêtes des deux petits plans de mire soient exactement tangentes à la convexité supérieure du mercure dans cette colonne. Le nombre indiqué par l'index du vernier, à cette position, donne la hauteur du mercure dans la colonne. Cette lecture doit être faite avec le plus grand soin : car une erreur de 1 millimètre produirait sur la hauteur de la localité cherchée une différence d'environ 10 mètres.

On lit le thermomètre du baromètre pour avoir la température de la colonne.

Pour avoir celle de l'air au moment de l'observation, on se sert d'un thermomètre libre, qu'on a eu soin de suspendre à environ 2 mètres au-dessus du sol et à l'ombre de son bâton de suspension.

Le baromètre à siphon, modifié par M. Gay-Lussac, est souvent employé à cause de la facilité avec laquelle il peut se transporter.

Il est formé de deux tubes de verre de même calibre, disposés dans le même axe, l'un au-dessus de l'autre et réunis par un tube capillaire. Dans cet instrument, la hauteur du mercure de la colonne est appréciée au moyen d'une échelle mobile ou fixe. Si elle est mobile, on amène son zéro sur l'horizontale tangente à la convexité du mercure et l'on a la hauteur comptée à partir de ce point, au moyen d'un vernier curseur sur l'échelle, et qu'on met en contact avec la surface du mercure dans le siphon qui fait cuvette. Si l'échelle est immobile, on se sert de deux verniers, dont l'un indique le niveau inférieur et l'autre le niveau supérieur. La différence des deux nombres qu'ils donnent, fournit la hauteur de la colonne, dans le cas où le zéro de l'échelle est au-dessous du niveau inférieur ; c'est la somme dans le cas contraire.

Formule.

188. En opérant à une latitude quelconque φ , soient :

h la hauteur de la colonne de mercure exprimée en millimètres à la station inférieure;

h' la hauteur de la colonne de mercure exprimée en millimètres à la station supérieure;

t la température de l'air à la station inférieure } thermomètres libres ;

t' la température de l'air à la station supérieure }

T la température du mercure du baromètre à la station inférieure } thermomètres

T' la température du mercure du baromètre à la station supérieure } des baromètres ;

r le rayon moyen de la terre = 6366198".

La différence z , de niveau des deux stations, sera donnée par la formule générale :

$$z = 18336'' [1 + (0,002751) \cdot \cos. 2\psi] \cdot \left[1 + \frac{2(t+t')}{100} \right] \cdot \left[\text{Log. } \frac{h}{H} + z \left(\frac{\text{Log. } \frac{h}{H} + 0,868589}{r} \right) \right]$$

Dans cette formule, M. Ramond a trouvé le coefficient 18336 relatif à la latitude 50° , et comme il est variable avec la latitude du lieu d'observation, il devient, pour une latitude quelconque ψ ,

$$18336'' [1 + (0,002751) \cdot \cos. 2\psi];$$

$H = h' \left(1 + \frac{T-T'}{5550} \right)$ est la hauteur de la colonne de mercure à la station supérieure, corrigée de la différence des températures T et T' du mercure aux deux stations.

Pour avoir une première valeur approchée de z , on remarque que la fraction $\frac{z}{r}$ sera toujours très petite, et qu'on peut la négliger dans le second membre; on substituera cette première valeur dans le second membre, ce qui donnera une seconde valeur de z , plus rapprochée que la première; on pourrait de même en obtenir une troisième: mais, dans tous les cas, on aura une exactitude suffisante, en bornant l'approximation à la seconde valeur de z .

Pour rendre l'application de la formule un peu plus simple, on fait abstraction de la fraction $\frac{z}{r}$ et de la variation de la pesanteur en latitude et dans le sens de la verticale; mais afin de nuire le moins possible à l'exactitude du résultat, on emploie, au lieu du coefficient constant 18336'', le coefficient 18393'', d'après les observations de M. Ramond. Alors la formule devient simplement :

$$z = 18393'' \left(1 + \frac{2(t+t')}{100} \right) \cdot \text{Log.} \left(\frac{h}{h' + h' \left(\frac{T-T'}{5550} \right)} \right).$$

Si l'on excepte les cas où il s'agit d'une très grande hauteur, cette formule est celle qui sert presque toujours à la mesure des hauteurs par l'observation du baromètre. Elle donne immédiatement, avec une exactitude suffisante, la différence des hauteurs verticales des deux points. Le coefficient 18393, comme nous l'avons dit, se rapporte à la latitude 50° , et, comme il change avec celle du lieu de l'observation, on aura sa valeur à une latitude quelconque ψ , en le multipliant par $1 + (0,002751) \cdot \cos. 2\psi$.

189. Si l'on veut calculer les hauteurs barométriques sans faire usage des logarithmes, on peut se servir des tables suivantes, publiées dans l'*Annuaire du bureau des longitudes*, et qui rendent le calcul très simple. Ces tables sont dues à M. Olmanns.

Soient h la hauteur barométrique de la station inférieure exprimée en millimètres; h' celle de la station supérieure; T et T' les températures centigrades des baromètres; t et t' celles de l'air.

On cherche, dans la table I^{re}, le nombre qui correspond à h , appelons-le a ; on cherche de même celui qui correspond à h' , désignons-le par b ; appelons c le nombre généralement très petit, qui, table II, est en face $T - T'$; la hauteur approchée sera $a - b - c$. Si $T - T'$ était négatif, elle serait $a - b + c$.

Pour appliquer à cette hauteur approchée la correction dépendante de la température des couches d'air, on multipliera la *millième* partie de cette hauteur, par la double somme $2(t+t')$ des thermomètres libres; la correction sera positive ou négative, suivant que $t+t'$ sera lui-même positif ou négatif.

La seconde et dernière correction, celle de la latitude et de la diminution de la pesanteur, s'obtiendra en prenant dans la *table III* le nombre qui correspond verticalement à la latitude et horizontalement à la hauteur approchée; cette correction est toujours additive.

Dans les cas très rares où la station inférieure serait elle-même très élevée au-dessus du niveau de la mer, il faudrait appliquer au résultat une petite correction, dont on trouverait la valeur à l'aide de la *table IV*.

TYPE DU CALCUL.

190. *Hauteur de Guanazunto, observée par M. de Humboldt.*

Données	Latitude = 21°.
de	Au bord de la mer, hauteur du baromètre 763 ^{mm} ,15 = <i>h</i> ; thermomètre du baromètre + 25°,3 = <i>T</i> ; thermomètre libre + 25°,3 = <i>t</i> .
départ.	A la station supérieure, hauteur du baromètre 600 ^{mm} ,95 = <i>h'</i> ; thermomètre du baromètre + 21°,3 = <i>T'</i> ; thermomètre libre + 21°,3 = <i>t'</i> .
	Table I ^{re} { donne pour 763 ^{mm} ,15. . . . 6183 ^{mm} ,5. . . . <i>a</i> .
	pour 600 ^{mm} ,95. . . . 4280 ^{mm} ,7. . . . <i>b</i> .
	Table II. . . . pour <i>T</i> - <i>T'</i> = + 4°. — 5 ^{mm} ,9. . . . <i>c</i> .
	<i>a</i> - <i>b</i> - <i>c</i> , ou hauteur approchée. . . 1896 ^{mm} ,9
1 ^{re} correction	= $\frac{1897}{1000} \times 2(t+t')$ + 176 ^{mm} ,8
	Somme. 2073 ^{mm} ,7
2 ^e correction, Table III, donne pour 2073 et 21°. + 10 ^{mm} ,6	
	Hauteur. 2084 ^{mm} ,3

(Voir les Tables suivantes.)

TABLE P. — ARGUMENT λ ET λ' COLONNE DE MERCURE.

MÈTRES.	DIFFÉ- RENCE.	MÈTRES.	DIFFÉ- RENCE.	MÈTRES.	DIFFÉ- RENCE.	MÈTRES.	DIFFÉ- RENCE.	MÈTRES.	DIFFÉ- RENCE.	MÈTRES.	DIFFÉ- RENCE.	MÈTRES.	DIFFÉ- RENCE.	MÈTRES.	DIFFÉ- RENCE.		
370	448.5	24.5	440	4798.4	48.4	540	2971.0	45.6	580	3998.2	43.7	650	4905.6	42.2	730	5720.4	44.0
371	440.0	24.6	441	4846.5	48.0	541	2989.6	45.6	581	4014.9	43.7	651	4917.8	42.2	731	5731.4	44.0
372	461.4	24.6	442	4935.5	48.0	542	3005.2	45.6	582	4025.6	43.7	652	4930.3	42.2	732	5742.4	44.0
373	482.9	24.4	443	4982.5	47.9	543	3020.7	45.5	583	4036.9	43.6	653	4942.2	42.2	733	5753.4	44.0
374	504.2	24.4	444	4970.4	47.9	544	3036.2	45.5	584	4047.9	43.6	654	4954.1	42.2	734	5764.4	44.0
375	525.4	24.2	445	4988.3	47.9	545	3051.7	45.5	585	4058.6	43.6	655	4965.6	42.1	735	5775.4	44.0
376	546.6	24.1	446	4966.2	47.8	546	3067.2	45.4	586	4069.2	43.6	656	4976.7	42.1	736	5786.4	44.0
377	567.8	24.1	447	4924.0	47.8	547	3082.6	45.4	587	4080.3	43.6	657	4987.8	42.1	737	5797.4	44.0
378	588.9	24.1	448	4941.8	47.8	548	3097.9	45.4	588	4091.0	43.6	658	4998.4	42.1	738	5808.4	44.0
379	609.9	24.1	449	4959.6	47.8	549	3113.2	45.3	589	4101.8	43.5	659	5009.0	42.1	739	5819.4	44.0
380	630.9	24.0	450	4977.3	47.7	550	3128.6	45.3	590	4112.2	43.5	660	5019.7	42.1	740	5830.4	44.0
381	651.8	23.9	451	4995.1	47.7	551	3143.9	45.3	591	4122.8	43.5	661	5030.2	42.1	741	5841.4	44.0
382	672.7	23.8	452	4942.6	47.7	552	3159.2	45.2	592	4133.2	43.5	662	5040.8	42.1	742	5852.4	44.0
383	693.5	23.8	453	4960.2	47.6	553	3174.4	45.2	593	4143.7	43.4	663	5051.3	42.1	743	5863.4	44.0
384	714.3	23.7	454	4977.8	47.6	554	3189.7	45.2	594	4154.1	43.4	664	5061.7	42.1	744	5874.4	44.0
385	735.0	23.6	455	4965.2	47.5	555	3205.0	45.1	595	4164.5	43.4	665	5072.2	42.0	745	5885.4	44.0
386	755.6	23.6	456	4982.8	47.5	556	3220.3	45.1	596	4174.9	43.4	666	5082.6	42.0	746	5896.4	44.0
387	776.2	23.6	457	4940.2	47.4	557	3235.6	45.1	597	4185.2	43.4	667	5093.1	42.0	747	5907.4	44.0
388	796.8	23.5	458	4957.6	47.4	558	3250.9	45.1	598	4195.6	43.3	668	5103.5	42.0	748	5918.4	44.0
389	817.3	23.5	459	4975.0	47.4	559	3266.2	45.0	599	4206.0	43.3	669	5113.9	42.0	749	5929.4	44.0
390	837.8	23.4	460	4912.5	47.3	560	3281.5	45.0	600	4216.4	43.3	670	5124.3	42.0	750	5940.4	44.0
391	858.2	23.4	461	4929.9	47.3	561	3296.8	45.0	601	4226.8	43.2	671	5134.7	42.0	751	5951.4	44.0
392	878.5	23.3	462	4947.3	47.3	562	3312.1	45.0	602	4237.2	43.2	672	5145.1	42.0	752	5962.4	44.0
393	898.8	23.2	463	4964.7	47.3	563	3327.4	45.0	603	4247.6	43.2	673	5155.5	42.0	753	5973.4	44.0
394	919.0	23.2	464	4982.1	47.3	564	3342.7	45.0	604	4258.0	43.2	674	5165.9	42.0	754	5984.4	44.0
395	939.2	23.2	465	4939.5	47.2	565	3358.0	44.9	605	4268.4	43.2	675	5176.3	42.0	755	5995.4	44.0
396	959.3	23.1	466	4956.9	47.2	566	3373.3	44.9	606	4278.8	43.2	676	5186.7	42.0	756	6006.4	44.0
397	979.4	23.1	467	4974.3	47.1	567	3388.6	44.8	607	4289.2	43.2	677	5197.1	42.0	757	6017.4	44.0
398	999.5	23.0	468	4991.7	47.1	568	3403.9	44.8	608	4299.6	43.2	678	5207.5	42.0	758	6028.4	44.0
399	1019.5	23.0	469	4949.1	47.0	569	3419.2	44.8	609	4310.0	43.1	679	5217.9	42.0	759	6039.4	44.0
400	1039.4	22.9	470	4966.5	47.0	570	3434.5	44.7	610	4320.4	43.1	680	5228.3	42.0	760	6050.4	44.0
401	1059.3	22.9	471	4983.9	46.9	571	3449.8	44.7	611	4330.8	43.1	681	5238.7	42.0	761	6061.4	44.0
402	1079.2	22.8	472	4941.3	46.9	572	3465.1	44.7	612	4341.2	43.1	682	5249.1	42.0	762	6072.4	44.0
403	1099.1	22.8	473	4958.7	46.8	573	3480.4	44.6	613	4351.6	43.0	683	5259.5	42.0	763	6083.4	44.0
404	1118.9	22.7	474	4976.1	46.8	574	3495.7	44.6	614	4362.0	43.0	684	5269.9	42.0	764	6094.4	44.0
405	1138.8	22.7	475	4933.5	46.7	575	3511.0	44.6	615	4372.4	43.0	685	5280.3	42.0	765	6105.4	44.0
406	1158.7	22.6	476	4950.9	46.7	576	3526.3	44.5	616	4382.8	43.0	686	5290.7	42.0	766	6116.4	44.0
407	1178.5	22.6	477	4968.3	46.6	577	3541.6	44.5	617	4393.2	42.9	687	5301.1	42.0	767	6127.4	44.0
408	1198.4	22.5	478	4985.7	46.6	578	3556.9	44.5	618	4403.6	42.9	688	5311.5	42.0	768	6138.4	44.0
409	1218.2	22.5	479	4943.1	46.5	579	3572.2	44.4	619	4414.0	42.9	689	5321.9	42.0	769	6149.4	44.0
410	1238.0	22.4	480	4960.5	46.5	580	3587.5	44.4	620	4424.4	42.9	690	5332.3	42.0	770	6160.4	44.0
411	1257.8	22.4	481	4977.9	46.5	581	3602.8	44.4	621	4434.8	42.9	691	5342.7	42.0	771	6171.4	44.0
412	1277.6	22.3	482	4935.3	46.4	582	3618.1	44.4	622	4445.2	42.9	692	5353.1	42.0	772	6182.4	44.0
413	1297.4	22.3	483	4952.7	46.4	583	3633.4	44.4	623	4455.6	42.9	693	5363.5	42.0	773	6193.4	44.0
414	1317.2	22.2	484	4970.1	46.4	584	3648.7	44.3	624	4466.0	42.9	694	5373.9	42.0	774	6204.4	44.0
415	1337.0	22.2	485	4927.5	46.3	585	3664.0	44.3	625	4476.4	42.9	695	5384.3	42.0	775	6215.4	44.0
416	1356.8	22.1	486	4944.9	46.3	586	3679.3	44.3	626	4486.8	42.9	696	5394.7	42.0	776	6226.4	44.0
417	1376.6	22.1	487	4962.3	46.3	587	3694.6	44.3	627	4497.2	42.9	697	5405.1	42.0	777	6237.4	44.0
418	1396.4	22.0	488	4979.7	46.3	588	3709.9	44.3	628	4507.6	42.9	698	5415.5	42.0	778	6248.4	44.0
419	1416.2	22.0	489	4937.1	46.2	589	3725.2	44.2	629	4518.0	42.9	699	5425.9	42.0	779	6259.4	44.0
420	1436.0	21.9	490	4954.5	46.2	590	3740.5	44.2	630	4528.4	42.9	700	5436.3	42.0	780	6270.4	44.0
421	1455.8	21.9	491	4971.9	46.2	591	3755.8	44.2	631	4538.8	42.9	701	5446.7	42.0	781	6281.4	44.0
422	1475.6	21.8	492	4929.3	46.1	592	3771.1	44.2	632	4549.2	42.9	702	5457.1	42.0	782	6292.4	44.0
423	1495.4	21.8	493	4946.7	46.1	593	3786.4	44.2	633	4559.6	42.9	703	5467.5	42.0	783	6303.4	44.0
424	1515.2	21.7	494	4964.1	46.1	594	3801.7	44.2	634	4570.0	42.9	704	5477.9	42.0	784	6314.4	44.0
425	1535.0	21.7	495	4921.5	46.0	595	3817.0	44.1	635	4580.4	42.9	705	5488.3	42.0	785	6325.4	44.0
426	1554.8	21.6	496	4938.9	46.0	596	3832.3	44.1	636	4590.8	42.9	706	5498.7	42.0	786	6336.4	44.0
427	1574.6	21.6	497	4956.3	46.0	597	3847.6	44.1	637	4601.2	42.9	707	5509.1	42.0	787	6347.4	44.0
428	1594.4	21.5	498	4973.7	46.0	598	3862.9	44.1	638	4611.6	42.9	708	5519.5	42.0	788	6358.4	44.0
429	1614.2	21.5	499	4931.1	45.9	599	3878.2	44.0	639	4622.0	42.9	709	5529.9	42.0	789	6369.4	44.0
430	1634.0	21.4	500	4948.5	45.9	600	3893.5	44.0	640	4632.4	42.9	710	5540.3	42.0	790	6380.4	44.0
431	1653.8	21.4	501	4965.9	45.9	601	3908.8	44.0	641	4642.8	42.9	711	5550.7	42.0	791	6391.4	44.0
432	1673.6	21.3	502	4923.3	45.8	602	3924.1	43.9	642	4653.2	42.9	712	5561.1	42.0	792	6402.4	44.0
433	1693.4	21.3	503	4940.7	45.8	603	3939.4	43.9	643	4663.6	42.9	713	5571.5	42.0	793	6413.4	44.0
434	1713.2	21.2	504	4958.1	45.8	604	3954.7	43.9	644	4674.0	42.9	714	5581.9	42.0	794	6424.4	44.0
435	1733.0	21.2	505	4915.5	45.7	605	3970.0	43.8	645	4684.4	42.9	715	5592.3	42.0	795	6435.4	44.0
436	1752.8	21.1	506	4932.9	45.7	606	3985.3	43.8	646	4694.8	42.9	716	5602.7	42.0	796	6446.4	44.0
437	1772.6	21.1	507	4950.3	45.7	607	4000.6	43.8	647	4705.2	42.9	717	5613.1	42.0	797	6457.4	44.0
438	1792.4	21.0	508	4967.7	45.7	608	4015.9	43.8	648	4715.6	42.9	718	5623.5	42.0	798	6468.4	44.0
439	1812.2	21.0	509	4925.1	45.6	609											

TABLE II. — ARGUMENT T—T'. THERMOMÈTRE CENTIGRADE DU BAROMÈTRE.

T	T'	T	T'	T	T'	T	T'	T	T'	T	T'	T	T'	T	T'	T	T'
0.2	0.3	2.4	3.5	4.6	6.8	6.8	10.0	9.0	43.2	44.2	46.5	43.4	49.7	48.6	22.9	47.8	26.2
0.1	0.6	2.6	3.8	4.8	7.1	7.0	10.3	9.2	43.5	44.4	46.8	43.6	50.0	48.8	23.2	48.0	26.5
0.6	0.9	2.8	4.1	5.0	7.4	7.2	10.6	9.4	43.8	44.6	47.1	43.8	50.3	49.0	23.5	48.2	26.8
0.8	1.2	3.0	4.4	5.2	7.6	7.4	10.9	9.6	44.1	44.8	47.4	44.0	50.6	49.2	23.8	48.4	27.1
1.0	1.5	3.2	4.7	5.4	7.9	7.6	11.2	9.8	44.4	45.0	47.6	44.2	50.9	49.4	24.1	48.6	27.4
1.2	1.8	3.4	5.0	5.6	8.2	7.8	11.5	10.0	44.7	45.2	47.9	44.4	51.2	49.6	24.4	48.8	27.7
1.4	2.1	3.6	5.3	5.8	8.5	8.0	11.8	10.2	45.0	45.5	48.2	44.6	51.5	49.8	24.7	49.0	28.0
1.6	2.3	3.8	5.6	6.0	8.8	8.2	12.1	10.4	45.3	45.8	48.5	44.8	51.8	50.0	25.0	49.2	28.2
1.8	2.6	4.0	5.9	6.2	9.1	8.4	12.4	10.6	45.6	46.1	48.8	45.0	52.1	50.2	25.3	49.4	28.5
2.0	2.9	4.2	6.2	6.4	9.4	8.6	12.6	10.8	45.9	46.3	49.1	45.2	52.4	50.4	25.6	49.6	28.8
2.2	3.2	4.4	6.5	6.6	9.7	8.8	12.9	11.0	46.2	46.5	49.4	45.4	52.7	50.6	25.9	49.8	29.1

Le nombre donné par cette table, avec la différence T—T', se prend négativement ou positivement selon que T—T' est positif ou négatif.

TABLE III. — ARGUMENT. LATITUDE SEXAGESIMALE DU LIEU ET HAUTEUR APPROCHÉE (CORRECTION TOUJOURS ADDITIVE.)

HAUTEUR approchée.	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°
200	4.2	4.2	4.2	4.0	4.0	4.0	0.8	0.8	0.6	0.6	0.6	0.4
300	2.4	2.4	2.4	2.2	2.0	2.0	4.8	4.7	4.4	4.2	4.0	0.8
400	3.4	3.4	3.4	3.2	3.0	2.8	4.0	3.9	3.6	3.4	3.2	1.2
500	4.6	4.5	4.3	4.3	4.1	3.8	3.3	3.4	3.2	2.9	2.7	4.7
1000	5.7	5.7	5.7	5.3	5.4	4.8	4.3	3.8	3.4	3.1	2.6	2.2
1500	7.0	7.0	6.8	6.4	6.0	5.8	5.4	4.6	4.2	3.6	3.4	2.6
1600	8.2	8.2	8.0	7.6	7.4	6.7	6.4	5.4	4.8	4.2	3.6	3.0
1700	9.2	9.2	9.0	8.8	8.2	7.6	7.0	6.2	5.6	4.8	4.1	3.4
1800	10.4	10.4	10.2	9.8	9.4	8.0	8.0	7.0	6.3	6.4	4.6	3.8
2000	11.6	11.5	11.3	11.0	10.4	9.6	8.8	7.8	7.0	6.0	5.1	4.2
2200	12.8	12.6	12.6	12.1	11.4	10.6	9.7	8.6	7.6	6.6	5.6	4.6
2400	14.0	14.0	13.8	13.3	12.5	11.6	10.6	9.4	8.4	7.2	6.4	5.1
2600	15.2	15.2	15.0	14.4	13.6	12.6	11.6	10.5	9.2	8.0	6.8	5.6
2800	16.4	16.5	16.4	15.8	14.8	13.6	12.6	11.4	10.0	8.8	7.4	6.2
3000	17.0	17.0	16.7	16.8	15.8	14.6	13.6	12.2	10.8	9.4	8.0	6.6
3200	19.4	19.9	19.7	19.0	17.0	15.7	14.6	13.4	11.5	10.1	8.6	7.0
3400	20.5	20.3	20.4	19.3	18.4	16.9	15.7	14.4	12.4	10.9	9.2	7.7
3600	21.8	21.7	21.4	20.4	19.6	18.0	16.7	15.0	13.1	11.6	9.8	8.2
3800	23.1	22.9	22.6	21.6	20.6	19.1	17.7	15.9	14.3	12.4	10.5	8.7
4000	24.6	24.4	24.0	22.9	21.9	20.3	18.7	17.0	15.4	13.4	11.2	9.4
4200	25.9	25.7	25.3	24.3	23.0	21.6	19.9	18.0	15.9	14.0	12.0	10.1
4400	27.5	27.3	26.8	25.8	24.3	23.0	21.4	19.4	16.9	14.0	12.9	10.8
4600	28.9	28.7	28.2	27.1	25.0	24.3	22.3	20.3	18.0	15.9	13.6	11.5
4800	30.4	30.2	29.6	28.4	27.0	25.5	23.4	21.3	19.0	16.7	14.3	12.4
5000	31.8	31.6	30.9	29.8	28.4	26.7	24.6	22.3	19.9	17.4	14.0	12.7
5200	33.0	32.8	32.4	31.0	29.7	28.0	25.7	23.3	20.8	18.2	15.7	13.3
5400	34.3	34.1	33.5	32.1	30.8	29.2	26.7	24.2	21.7	19.1	16.4	13.9
5600	35.7	35.5	34.8	33.7	32.4	30.2	27.8	25.3	22.6	19.9	17.2	14.5
5800	37.1	36.9	36.4	35.0	33.2	31.3	28.9	26.3	23.6	20.7	17.8	15.4
6000	38.5	38.3	37.5	36.3	34.3	32.3	30.0	27.8	24.6	21.5	18.5	15.7

TABLE IV. — CORRECTION POUR 1000^m DE HAUTEUR.

A	MÈTRES.	A	MÈTRES.	A	MÈTRES.	A	MÈTRES.
400	4.71	500	4.41	600	0.63	700	0.22
450	4.39	550	0.86	650	0.42	750	0.93

Soit, par exemple, à la station inférieure, A = 600 millim.; la différence de niveau = 1500^m; vous aurez
1000 : 0.63 :: 1500 : 0^m.93,
et la différence de niveau corrigée = 1500^m.9. Cette correction est toujours additive.

SUPPLÉMENT.

RECONNAISSANCES MILITAIRES.

191. Les reconnaissances militaires embrassent, comme la topographie régulière, deux descriptions bien distinctes : 1^{re} *Descriptions écrites, ou Mémoires* ; 2^e *Descriptions graphiques, ou Levés topographiques*.

Le levé topographique des reconnaissances militaires repose sur les mêmes principes que les levés réguliers ; mais, comme on est obligé de l'exécuter avec rapidité et souvent en présence de l'ennemi, on est contraint à employer des procédés plus ou moins exacts, suivant le but qu'on se propose et les facilités qu'on a de le remplir.

Les mémoires et les levés sont un complément essentiel l'un de l'autre ; les descriptions écrites font connaître les détails importants qui ne peuvent être signalés par la topographie, et à l'armée, un bon mémoire sans levé pourrait souvent être plus utile qu'un levé à vue sans mémoire.

L'exactitude d'une reconnaissance militaire est toujours subordonnée aux matériaux et aux renseignements qu'on peut se procurer, aux instruments dont on est muni, aux courses qu'on est libre d'entreprendre et au temps qu'on peut y consacrer.

192. *Quel doit être le but de ces reconnaissances ?* — L'histoire des guerres nous apprend que les grands généraux durent très souvent une partie de leurs succès à leur habileté prompte à saisir tous les avantages du terrain.

Les reconnaissances militaires sont donc destinées à signaler le terrain de manière à permettre d'apprécier les accidents utiles ou dangereux ; les plaines ou l'ennemi pourra se développer ; les défilés où il sera contraint à se resserrer ; les positions où l'on n'aura pas à craindre d'être enveloppé ; le commandement des positions. Elles signaleront les bois souvent si utiles, par fois si dangereux ; les marais qu'il faut éviter, et dont on peut profiter pour y acculer l'ennemi ; les cours d'eau franchissables ou infranchissables en employant des moyens ordinaires ; les routes, chemins, sentiers ; leur nature, leur pente, etc. Elles fourniront le moyen d'apprécier les distances, renseignements si utiles à la guerre ; elles donneront la position des villes, villages, hameaux, maisons isolées, carrières, fossés, etc., et décriront le parti qu'on pourrait en tirer. Enfin, les reconnaissances donneront tous les renseignements indispensables à connaître à l'armée, tant pour l'offensive que pour la défensive, ainsi que tous les documents sur lesquels reposent toutes les combinaisons stratégiques.

193. Dans un manuel, dont les limites doivent être restreintes, nous ne pouvons présenter que ce qui a rapport aux applications de géométrie et de dessin, et nous reu-

voyons aux mémoires et ouvrages qui renferment des développements plus considérables, les officiers qui voudront s'éclairer sur cette matière et compléter leur éducation militaire (*).

Nous nous félicitons d'avoir pour guide, à la tête de la Direction des travaux de la Carte de France, un de ces hommes illustres qui ont pris une part si glorieuse aux guerres de l'Empire.

Nous sommes heureux, au sein de la paix, d'avoir un chef si expérimenté; qui emploie ses veilles à rédiger, pour les transmettre aux officiers sous ses ordres, toutes les instructions propres à les diriger dans le grand art de la guerre, et à développer en eux, par ses conseils, qui sont le fruit d'une longue expérience et d'une profonde méditation, ces germes qui doivent faire la gloire de notre armée.

Nous regrettons ici de ne pouvoir faire connaître ses instructions confidentielles; elles avaient pour but la défense de notre pays, et elles sont restées en manuscrit: leur nature ne permettant pas la publicité.

194. Les instructions qui suivent sont celles qui nous sont données pour diriger nos travaux pendant chaque campagne à la Carte de France.

(*) *Mémoires du général de division Pelet, Topographie des pays compris entre le lac de Garda et l'Adige* (1803), Dépôt de la guerre. — Même auteur, *Montoue et les environs* (Dépôt de la guerre);

Mémoires servant d'instruction aux officiers de l'état-major et de l'armée, attribués à M. de Leuchères; manuscrit du Dépôt de la guerre, du Dépôt des fortifications et de l'Ecole du génie;

Mémoire sur les Reconnaissances militaires, attribué au général Bourcet, inséré dans le *Journal des Sciences militaires*, tom. 7, pag. 1 à 58;

Manuel des adjudants-généraux, par le général Thiébaut: nouvelle édition;

Traité des Troupes légères, par le général comte de La Roche-Aymon. Ce Traité contient de bous articles sur les Rapports, les Reconnaissances, et, en général, sur le service d'exploration de ces troupes;

HAYNE, ingénieur royal au service de Prusse (1 vol. in-8° avec planches, chez Magimel), traduction de l'allemand, parue en 1806 sous le titre d'*Éléments de Topographie militaire*;

Essai sur les Reconnaissances militaires, par le chevalier Allent, *Mémorial du Dépôt de la guerre*, tom. 1. p. 369. Le commandant CHATELAIN, *Traité des Reconnaissances militaires* (librairie Dumaine, rue et passage Dauphine, 36).

(Suit l'Instruction pour les travaux topographiques.)

DIRECTION GÉNÉRALE
DU DÉPÔT DE LA GUERRE.

Avril 1843.

INSTRUCTION

CARTE DE FRANCE.

pour les travaux topographiques au 40,000'.

Les difficultés que les officiers du Corps royal-d'état-major ont dû surmonter l'an dernier et celles qu'ils vont rencontrer au milieu des montagnes sur lesquelles sont portés les travaux de la Carte de France, ont fait reconnaître la nécessité de modifier l'instruction qui avait suffi aux campagnes précédentes. Le lieutenant-général directeur est persuadé que les officiers redoubleront de zèle pour surmonter les difficultés de toute espèce que leur opposeront les montagnes du Limousin, de l'Auvergne et du Dauphiné; il espère que, de plus en plus pénétrés de l'importance des travaux qui leur sont confiés, ils les exécuteront avec l'exactitude, avec la perfection qu'exigent l'honneur du corps d'état-major et les besoins multipliés des services publics.

Travaux préparatoires. — Les officiers placeront d'abord, avec le plus grand soin, sur les feuilles-minutes, les points trigonométriques compris dans le travail qui leur aura été assigné.

Ils s'occuperont ensuite de l'assemblage de leurs communes, opération qui doit être faite avec la plus minutieuse attention; car c'est d'elle que dépend, en grande partie, l'exactitude du travail.

La réunion des communes s'exécutera à l'aide d'un huilé sur lequel les carreaux seront tracés et les points trigonométriques placés avec une grande précision.

L'assemblage commencera par les communes qui auront plusieurs points trigonométriques; on placera ensuite celles qui, n'en possédant qu'un seul, auront une limite commune assez étendue; on continuera ainsi de proche en proche à réunir les mappes contiguës.

Les officiers traceront, en s'aidant de l'huilé, les carreaux sur les réductions. Ces lignes et les points trigonométriques serviront à décalquer les cadastres, opération qu'il conviendra de faire par commune.

Si les communes présentent des discordances, ou manquent de positions trigonométriques, les officiers attendront pour les placer définitivement de s'être rendus sur le terrain, afin de déterminer quelques points.

Dans les localités où les officiers obtiendront de nouveaux points, ils en détermineront les hauteurs, ce qui leur donnera les moyens d'avoir un plus grand nombre de différences de niveau.

Les officiers ne couperont les communes sur les raccords des travaux, qu'après avoir bien fixé leur position. Celui qui aura sur sa projection le point trigonométrique, ou s'il n'y en a pas, la majeure partie de la commune, la prendra entière, et le partage se fera en campagne.

Avant de commencer les opérations sur le terrain, les officiers doivent se rendre au chef-lieu du département pour y compléter leurs réductions d'après le parcellaire ; ils s'assureront en même temps de l'exactitude du linéaire réduit, en le comparant avec les cadastres.

Dans les pays où les propriétés sont séparées par des haies, ils indiqueront les lignes qui forment les grandes divisions des terres, ce qui donnera l'emplacement des principales clôtures.

Il est expressément recommandé aux officiers de ne pas endommager les cartes du cadastre et de n'y tracer, au crayon, aucune ligne qui ne puisse être effacée.

Les officiers décalqueront les communes avant d'aller les reconnaître, parce qu'ils pourront les coller sur un papier ferme, ce qui est plus commode pour dessiner dans les champs.

Après avoir assemblé les réductions, les officiers diviseront le travail en carrés d'environ six carreaux. La réunion de la totalité du cadastre en un seul morceau, aurait l'avantage d'éviter des raccords ; mais elle exigerait un grand carton, peu maniable sur le terrain, et les parties reconnues les premières finiraient par s'effacer. La reconnaissance par commune aurait l'inconvénient de donner le figuré du terrain par petites portions qui multiplieraient trop les raccordements, et l'ensemble du figuré en souffrirait.

Tous les officiers se conformeront strictement aux dispositions prescrites pour l'assemblage et la réunion des communes.

Reconnaissance. — Avant de commencer la reconnaissance, les officiers détermineront la déclinaison de leur boussole et l'erreur de collimation de l'éclimètre.

La déclinaison s'obtiendra en prenant, avec la boussole, une direction entre deux points trigonométriques, et en comparant l'azimut obtenu à celui que donne la feuille-minute.

L'erreur de collimation se déterminera à l'aide de deux distances réciproques, prises aux extrémités d'une base sur une mire, ou bien au moyen d'une distance zénithale donnée par la géodésie et comparée à celle qui sera observée par l'instrument.

L'erreur de collimation sera vérifiée souvent, et toutes les fois que l'éclimètre aura éprouvé une secousse, surtout après un transport à cheval ou en voiture.

Les vérifications étant faites, les officiers parcourront le terrain dans tous les sens et suivront les divers chemins et cours d'eau, en rectifiant les parties défectueuses, en ajoutant au cadastre le figuré du terrain, ainsi que les détails qui manqueront, tels que les habitations, moulins, croix, bornes milliaires, ponts, haies, gués, bois, prés, vignes, friches, marais, etc.

Les nouvelles routes, les canaux, les chemins de fer, etc., que la planimétrie ne donnera point, seront levés, et l'on arrêtera ce travail à l'encre le plus promptement possible.

Les officiers feront leur reconnaissance d'une manière suivie de proche en proche, c'est-à-dire qu'ils ne commenceront pas sur plusieurs points à la fois.

Les réductions du cadastre devant être réintégrées dans les archives du Dépôt de la

guerre, comme travail original exécuté sur le terrain, il est nécessaire qu'elles soient ménagées par les officiers.

Côtes de nivellement. — Un bon nivellement topographique ne résulte pas seulement d'un grand nombre de cotes de hauteur, mais encore du choix de leurs positions qui, fait avec discernement, donnera le relief des formes caractéristiques du terrain. Pour atteindre ce but, les officiers détermineront, autant que possible, des cotes sur les principaux sommets, les cols, les plateaux et les lignes de partage, le long des thalwegs, notamment aux sources et aux confluent des rivières, enfin aux nœuds des grandes routes.

Le nombre des différences de niveau sera plus ou moins grand, suivant que le terrain sera plus ou moins accidenté. C'est aux chefs de subdivision qu'il appartient d'examiner sur le terrain, si les officiers en déterminent suffisamment et si le choix des points est fait d'une manière convenable.

A moins d'impossibilité, les cotes seront établies sur deux ou trois bases, et leur position sera fixée par rapport aux détails voisins donnés par le cadastre, ou par des directions de boussole sur des points trigonométriques peu éloignés et présentant de bonnes intersections ; dans ce cas, on inscrira les angles dans les cahiers des calculs des cotes.

S'il est impossible de déterminer directement des cotes de hauteur dans les vallées, il faudra en obtenir à l'aide des points intermédiaires.

Lorsqu'il n'y aura qu'une seule observation, il est très important de veiller aux erreurs de lecture ; car, le grade étant généralement divisé en quatre dans les éclinètres, il est facile de faire une erreur de 25 minutes.

Il faut éviter de prendre des cotes de hauteur à de trop grandes distances, surtout le matin, de très bonne heure, et le soir, près du coucher du soleil, à cause de la réfraction.

Lorsqu'on déterminera des différences de niveau sur les berges des rivières, on mesurera la berge afin d'obtenir la hauteur de l'eau.

Sur les grands cours d'eau, où des observations quotidiennes sont faites par les ingénieurs des ponts-et-chaussées, les officiers noteront les jours de détermination de leur cotes, afin qu'elles puissent être ramenées aux eaux moyennes. Ils donneront en outre la cote des plus basses et des plus hautes eaux.

L'emplacement de chaque station devra être indiqué sur la feuille-minute, par un point noir bien apparent, à côté duquel la hauteur sera inscrite.

Les officiers écriront jour par jour, sur un petit registre, les distances zénithales qu'ils observeront ; une colonne sera réservée pour inscrire les bases, vis-à-vis des observations angulaires.

Divers modes sont en usage pour numéroter les cotes de hauteur. Comme il est fort essentiel qu'une complète uniformité règne dans toutes les parties des travaux topographiques qui sont déposés aux archives, il est expressément recommandé à tous les officiers de désigner les stations dans chaque carreau par des lettres, la série des lettres changeant avec le carreau. Les lettres ne seront pas inscrites sur la mise au net qui ne contiendra que le chiffre de la cote.

Dans les cahiers d'observations et de calculs, indépendamment de la lettre qui désigne la cote, on écrira le numéro du carreau de la feuille ; ces numéros se compteront de gauche à droite par rangée de 8, en commençant par le nord, depuis 1 jusqu'à 40.

Le chef de subdivision donnera à chaque officier un petit tableau d'assemblage de son travail, pour lui faire connaître les numéros des carrés sur lesquels il opère.

Il est recommandé de mettre, autant que possible, tous les calculs des cotes d'un carreau à la suite les uns des autres.

Dispositions générales. — Les officiers étudieront avec un grand soin les lignes continues qui forment la séparation des bassins. Ces partages, bien exprimés et combinés avec les lignes de thalwegs, font saisir facilement l'ensemble des masses. Les changements de pente abrupts ou faibles, les ressauts, les ravins, les escarpements, etc., seront déterminés rigoureusement, de manière à éviter toute confusion dans les détails du figuré. C'est ainsi que les officiers parviendront à rendre fidèlement et clairement le relief du terrain. Ils exprimeront au crayon, les mouvements généraux et les accidents particuliers, conformément aux systèmes des lignes de plus grande pente.

Le figuré du terrain sera fortement et nettement accusé au crayon, afin que le travail commencé par un officier puisse au besoin être terminé par un autre, ou dans des circonstances urgentes, par les dessinateurs du Dépôt de la guerre. On obtiendra un tracé vigoureux et difficile à effacer, en dessinant sur un carton bien ferme et bien uni. Les chefs de subdivision et les officiers eux-mêmes, examineront s'il est nécessaire d'assurer le crayon par quelques hachures à l'encre. Il est recommandé aux officiers de n'user qu'avec beaucoup de réserve, de toute espèce d'encollage que quelques-uns emploient pour fixer leur dessin.

Les officiers apporteront une attention particulière aux mouvements couverts de bois, et fouilleront soigneusement les forêts.

Il est important de bien connaître la classification des routes et des chemins, afin de les exprimer conformément au modèle adopté.

Courbes. — Un mode uniforme dans le dessin des montagnes à la plume, étant indispensable, pour obtenir de l'ensemble dans les minutes exécutées par un grand nombre de collaborateurs, tous les officiers avant de mettre le figuré à l'encre se conformeront exactement aux dispositions suivantes.

Ils construiront des courbes horizontales équidistantes de 10 mètres ; celles multiples de 40 seront à l'encre de Chine et les autres au carmin ; ils pourront cependant insérer quelques courbes auxiliaires *punctuées*, dans les plateaux et dans les terrains faiblement accidentés, pour mieux en exprimer les formes.

Dans les hautes montagnes, où les pentes atteignent souvent 50 grades, la base étant égale à la hauteur, un millimètre au 40,000^e devient la projection de 4 courbes équidistantes de 10 mètres. Comme il est presque impossible de conduire sans confusion 5 lignes dans un si petit espace, les officiers ne traceront que les multiples de 40. Lorsque l'inclinaison devenant moins considérable, ces deux courbes s'écarteront à peu près de 2 millimètres, ils intercaleront la courbe rouge multiple de 20.

Pour les pentes moyennes, toutes les courbes de 10 en 10 seront continues. Ainsi,

suivant la nature du terrain, entre deux multiples de 40, les officiers ne peuvent placer qu'une ou trois courbes au carmin et quelquefois des courbes auxiliaires ponctuées.

Les officiers, guidés ensuite par le diapason qui détermine pour une pente donnée l'intensité de la teinte, connaîtront la force et l'écartement des hachures qui doivent exprimer une même déclivité.

Afin de conserver dans la gravure, le caractère particulier au terrain de chaque minute, les mêmes éléments qui auront servi aux reconnaissances, seront rapportés sur les cuivres. A cet effet, les officiers déposeront avec leur mise au net, un calque de leurs courbes, dessiné comme il est prescrit ci-dessus. Les cours d'eau seront tracés en bleu pour en faire mieux saisir l'ensemble, les carreaux en noir; les points trigonométriques placés et les cotes de hauteur inscrites avec leurs lettres indicatives, également en noir.

Il est expressément enjoint aux officiers de rentrer à Paris avec le trait terminé, les cotes de hauteur calculées et l'étude des courbes faite au crayon. Ainsi, dans les jours de repos et de mauvais temps, ils doivent mettre le trait à l'encre et calculer les différences de niveau.

Ils auront constamment sous les yeux les modèles des signes conventionnels qui leur ont été donnés, et ils s'y conformeront.

Les couleurs que l'on emploiera pour le lavis des minutes sont bornées à quatre : l'encre de chine, la gomme-gutte, le carmin et l'indigo.

Les natures de culture seront mises en couleur au Dépôt de la guerre, d'après le modèle adopté. Le désaccord que l'on a remarqué dans la nuance des teintes, rend cette mesure nécessaire, afin d'atteindre l'uniformité qui doit exister dans des signes semblables.

Chaque subdivision recevra, au retour de la campagne, des pains de couleurs composées, pour les bois, les prés et les vignes, afin de reproduire exactement les teintes du modèle (*).

Mémoires et tableaux statistiques. — Les officiers s'assureront, près des autorités locales, de la véritable orthographe des noms et de toutes leurs variantes. Ils consigneront chaque jour, sur un registre ou cahier, les observations qu'ils feront dans le cas de faire sur la constitution physique du terrain, ainsi que les documents statistiques, historiques et militaires qu'ils pourront se procurer. En procédant de cette manière, ils obtiendront les données nécessaires à la rédaction du mémoire qui doit accompagner la topographie, et ils pourront, dès les premiers moments, s'occuper de l'ensemble de cette partie du travail, auquel ils ajouteront successivement les détails qui parviendront à leur connaissance.

Les nouveaux tableaux statistiques des communes seront délivrés aux chefs de subdivision, avant le départ pour les levés. Ces chefs en feront immédiatement la répartition entre leurs officiers, en raison du nombre de communes que chacun aura dans

(*) On trouve ces pains de couleur dans le commerce, chez M. Debay, rue de Grenelle-Saint-Germain, 128.

son levé, afin qu'ils soient en mesure de les transmettre promptement aux maires des communes. Ils rendront compte des trop longs retards ou des refus qu'ils essuieraient de la part de ces autorités (*).

Les officiers remarqueront les changements qui ont eu lieu dans les colonnes de ces tableaux. Les deux premières sont restées telles qu'elles étaient; mais pour les deux dernières, on s'est borné à demander les noms des villages, hameaux et maisons isolées faisant partie de la commune, et le nombre de familles que contient chacune de ces localités (**).

Ces tableaux doivent servir aux renseignements statistiques, et faire connaître aussi l'importance de chaque lieu habité pris isolément. Les officiers vérifieront l'exactitude des noms, et ils recueilleront soigneusement ces tableaux qu'ils remettront avec leurs mémoires.

Chefs de subdivision. — Les chefs de subdivision commandent militairement leurs officiers; ils maintiennent parmi eux l'ordre et la discipline conformément aux règlements militaires et à l'instruction ci-jointe. Ils surveillent continuellement les diverses parties des travaux et les vérifient souvent sur le terrain, afin d'en assurer la bonne exécution. Ils sont responsables de la conduite et des travaux des officiers.

Les chefs de subdivision doivent veiller d'abord à ce que les points trigonométriques soient placés avec une grande précision, et que la réunion des communes soit faite avec les précautions les plus minutieuses. C'est du soin apporté dans ces opérations que dépend l'exactitude de la planimétrie. Ils feront prendre par les officiers les raccords de leurs subdivisions avec les levés antérieurs.

Ils s'assureront que les instruments de chaque officier remplissent les conditions requises. Au 40,000^e, où l'on prend des cotes de hauteur à des distances assez grandes, il est indispensable que les échimètres donnent la minute centésimale.

Chaque chef passera l'inspection de sa subdivision au moins une fois par mois. Il aidera de ses conseils et de son expérience sur le terrain, les officiers qui font leur première campagne.

Dans leurs tournées, les chefs de subdivision doivent examiner scrupuleusement toutes les parties du service; s'assurer si tous les détails des différentes formes du terrain sont bien exprimés, et si l'ensemble en est bien entendu. Ils vérifieront les échimètres de chaque officier et les observations relatives à la détermination des cotes de hauteur, ainsi que les calculs.

Les chefs de subdivision s'assureront que les tableaux statistiques des communes sont remplis exactement, et qu'ils peuvent être remis en même temps que les mémoires. Ils rappelleront aux officiers les principes établis dans l'Instruction générale de 1842, afin de servir de base aux considérations militaires que ceux-ci doivent présenter sur le terrain reconnu.

(*) Voir un spécimen des tableaux qui servent à prendre les renseignements dans les communes, page 169 et suiv.

(**) Nous ne donnons dans cet ouvrage que les nouveaux tableaux. Le spécimen du tableau résumé pour toutes les communes comprises dans le mémoire, se trouve pages 172 et 173.

Ils mentionneront dans leurs rapports, à la fin de chaque mois, les détails de leur inspection, désignant les parties du terrain sur lesquelles les vérifications ont été opérées et les observations qu'ils ont été dans le cas de faire sur les travaux.

Ils se rendront plus fréquemment près des officiers qui exigent une surveillance particulière. Ils feront connaître, en temps opportun, les morceaux défectueux, et signaleront la véritable cause de leurs défauts. Sans cela, ils seraient responsables personnellement des inexactitudes dont les travaux se trouveraient entachés.

Les chefs de subdivision devront encore veiller à ce que les raccords des travaux soient faits avec soin. Ils s'assureront que les divers détails sont exprimés conformément aux modèles; ils tiendront la main à ce que les officiers suivent de point en point toutes les dispositions que prescrit la présente instruction, et leur donneront les développements et les explications qui n'ont pu y être compris.

Il est recommandé aux chefs de subdivision de mettre la plus grande exactitude dans l'envoi de leurs rapports mensuels, qui doivent toujours parvenir au lieutenant général directeur, du 1^{er} au 3, et être accompagnés d'une situation graphique des travaux conforme au dernier modèle.

Indépendamment de ces rapports mensuels, ils adresseront des rapports spéciaux ou confidentiels (sous double enveloppe) au général directeur, toutes les fois qu'il se présentera des circonstances particulières dont ils croiront devoir l'instruire.

Les travaux qui s'exécutent au Dépôt de la guerre sont sous la surveillance spéciale du chef de section des travaux intérieurs et du colonel adjoint. Les commandants des subdivisions en feront connaître la situation tous les mois au lieutenant général, par l'intermédiaire du chef de la section, qui y mettra son visa.

Les officiers sont prévenus qu'ils doivent avoir le plus grand soin des instruments qu'ils reçoivent du Dépôt, les réparations qui proviendront de leur négligence demeurant à leur charge.

Fait et approuvé par le pair de France, lieutenant général, directeur,

PELET.

MINISTÈRE
DE LA GUERRE.

DIRECTION GÉNÉRALE
DU DÉPÔT DE LA GUERRE.

CARTE DE FRANCE.

Paris, le 15 avril 1844.

SUPPLÉMENT

à l'Instruction d'avril 1843.

L'expérience de chaque campagne a donné les moyens d'améliorer les instructions remises annuellement aux officiers employés à la Carte de France. Celle de l'an dernier paraît complète autant que possible, et je n'ai qu'à renouveler les ordres donnés pour son exécution.

J'appellerai seulement l'attention des chefs de subdivision et des officiers sur la nature de cette instruction. Elle est en même temps impérative et consultative ; elle établit les règles générales et la marche des opérations, elle résout tous les cas ordinaires, mais elle donne aux chefs de subdivision le soin de diriger, de rectifier, de compléter les travaux. Elle porte que les chefs sont *personnellement responsables de ces travaux*, au sujet desquels ils doivent donner les développements et les explications nécessaires. Ainsi, les chefs indiquent et règlent la manière par laquelle le figuré au crayon des minutes doit être assuré avec quelques normales, tracées à l'encre et à d'assez grandes distances ; ils déterminent le degré de perfection qu'on peut donner aux minutes dessinées sur le terrain, afin de ne pas retarder le progrès des mises au net qui doivent toujours être terminées par les officiers.....

Les chefs de subdivision se rendent le plus tôt possible aux chefs-lieux des départements dans lesquels se trouvent situés les travaux qui leur sont confiés ; ils se présentent chez MM. les généraux commandants qui sont prévenus de leur arrivée, et chez MM. les préfets ; ils prient ceux-ci de vouloir bien annoncer aux sous-préfets et aux maires la présence des officiers, et les inviter à seconder les opérations autant qu'il sera possible, conformément aux circulaires qui leur sont adressées annuellement ; enfin, les chefs surveillent le travail des officiers pour compléter, d'après les parcellaires, les réductions du cadastre.

J'ai souvent entretenu les officiers de l'importance des mémoires militaires et topographiques, même dans leur intérêt personnel. Je suis obligé de leur rappeler que ce travail est imposé, par l'ordonnance du 23 février 1833, à tous les officiers du Corps d'état-major. Dans quelque position qu'ils se trouvent, ces officiers doivent remettre chaque année un travail d'étude ou d'inspection. Le Comité suit avec beaucoup d'intérêt la marche et les progrès de cette partie du service, et demande souvent des informations sur ce qu'il se fait, à cet égard, dans notre grande opération. Ce serait une singulière anomalie de voir les officiers attachés à la Carte de France qui, jusqu'aux dernières années, avaient remis des mémoires satisfaisants, qui devraient porter à ce travail un soin particulier, être les seuls à ne pas remplir convenablement un devoir imposé à tout le corps.

En arrivant sur le terrain, les chefs de subdivision l'étudient sous le point de vue militaire, en s'aidant d'abord des cartes qui leur sont remises. Ils établissent les rapports de ce terrain avec le système général de la défense et de l'organisation militaire du royaume, conformément aux bases de l'instruction qui leur a été communiquée, en 1842, comme programme général. Ils appliquent à ce terrain les hypothèses les plus probables pour les opérations offensives des armées ennemies qui viendraient des diverses directions, ainsi que pour la défense générale et locale.

Dans la première tournée, ils tracent à chaque officier une sorte de programme particulier des *considérations militaires* établi d'après les mêmes hypothèses, et qui doivent être traitées dans les mémoires. Pendant leurs tournées, ils s'assurent que cette partie du travail avance progressivement, et que chaque officier traite une question militaire, appliquée au terrain qu'il leve, ou à l'un des points environnants. Si ce point était en

dehors de la reconnaissance de l'officier, celui-ci devrait joindre un croquis au $\frac{1}{11.112}$, pour l'intelligence du mémoire.

Les chefs de subdivision m'adresseront un rapport particulier, le 1^{er} juin, sur l'exécution de la partie de cet ordre relative aux mémoires.

Le pair de France, lieutenant général directeur,
PELET.

Termes les plus usités dans les reconnaissances militaires.

195. Les montagnes, liées les unes aux autres sur une grande étendue, portent le nom de *chaîne*. Le point le plus élevé en est dit la *cime*. La cime est un *pic*, si elle est conique ; une *aiguille*, si elle est très pointue ; une *dent*, si elle est prismatique ; un *balloon*, si elle est arrondie ; un *plateau*, si elle est plane ; une *crête* ou *arête*, si elle est en biseau.

Les pentes, depuis la cime jusqu'à la base des montagnes, portent le nom de *flancs* ou *versants*.

Les montagnes sont classées suivant leur hauteur, en 1^{er}, 2^e, 3^e ordre ; mais on ne peut guère assigner de limites en spécifiant des caractères, tels que neiges, aridités, végétations : car ils varient selon la latitude et l'altitude des lieux. En prenant des exemples, on dira que les *Alpes*, les *Hautes-Pyrénées*, les *Cévennes* et les *somets* de l'*Auvergne* sont de 1^{er} ordre ;

Que le *Jura*, les *Vosges*, et les montagnes de la *Forêt-Noire*, sont de 2^e ordre ;

Que les *Ardennes* sont de 3^e ordre.

Selon leur ordre relatif d'élévation dans chaque contrée, la plus élevée des chaînes est dite *chaîne principale* ; celle qui lui est inférieure, *chaîne secondaire*, etc.

Les chaînes secondaires prennent le nom de *contre-forts*, lorsqu'elles ont une direction à peu près parallèle à la chaîne principale ; les autres chaînes, qui ont une direction perpendiculaire ou plus ou moins oblique aux deux précédentes, sont des *ramifications*.

On donne le nom de *pitons* aux montagnes isolées qui s'élèvent assez haut sous la forme conique.

Les *collines* sont des montagnes de 200^m à 300^m d'élévation ;

Les *mamelons* de 100^m à 200^m. Enfin, dans les régions moins élevées, sont les *terres* ou *buttes*.

Les ondulations du terrain, peu élevées et rapprochées les unes des autres, sont ce qu'on nomme *plis du terrain* ou *rideaux*.

La crête des hautes montagnes subit parfois quelques inflexions qui donnent un accès plus facile pour la franchir. Lorsque ces accès sont fréquentés comme passages, ils reçoivent les noms de *cols*, *ports*, ou *portes*, selon les contrées.

196. Les grandes excavations, qui séparent les montagnes, laissent un intervalle ou enfoncement qui sert d'écoulement aux eaux, et l'espace plus ou moins grand, qui sépare le pied des montagnes, est ce qu'on nomme *vallée*, dont les flancs sont dits *berges*.

Les vallées servent ordinairement de passage aux communications qui donnent accès aux montagnes; autrement, étroites, rapides et souvent inaccessibles, elles deviennent des *ruvins*; moins rapides et accessibles, mais étroites et bordées d'escarpements, ce sont des *gorges* ou *défilés*; enfin, moins étroites et bordées de collines, ce sont des *vallons*.

197. On donne en général le nom de *bassin* à toute vallée ou vallon qui reçoit un cours d'eau.

Un fleuve, une rivière qui reçoivent une infinité d'affluents déterminent un *bassin principal*; les autres petites rivières déterminent des *bassins particuliers*. Le lit d'un cours d'eau dans un bassin se nomme *thalweg*.

Tout cours d'eau principal, qui conserve son nom depuis sa source jusqu'à son débouchement dans la mer, porte le nom de *fleuve*, et toutes les rivières qui lui versent leurs eaux sont dites ses *affluents*; le point de leur jonction est le *confluent*.

L'observateur, en partant de la source d'un fleuve ou d'une rivière pour se rendre à son embouchure ou à son confluent, a la *rive droite* et la *rive gauche* du fleuve orientées par rapport à sa droite et à sa gauche.

198. Le nom de *côte* est spécialement adopté pour désigner la contrée voisine des bords de la mer; la partie basse qui donne accès à la mer est la *plage* ou *rivage*; les sables ondulés en monticules sont des *dunes*. Lorsque les côtes sont coupées par des arrachements, ces arrachements prennent le nom de *falaises*; leur pied en est l'*estran*.

Les *barres* sont des obstacles amoncelés à l'embouchure des fleuves et des rivières qui entravent plus ou moins la navigation.

Les *îles à fleur d'eau* sont souvent désignées sous le nom d'*écueils* ou *rescifs*.

Tableau des matières qui doivent être traitées dans les mémoires.

199. Pour être en harmonie avec les précieux détails qui contiennent les belles minutes, exécutées chaque année par les officiers d'état-major qui sont chargés des travaux de la Carte de France, M. le commandant Châtelain, chef du bureau des mémoires, a inséré, dans le programme suivant, toutes les questions qui doivent former la base d'un mémoire monumental.

Ce programme, trop étendu pour les questions qui concernent l'armée, pourrait être regardé comme déplacé dans ce manuel; mais, comme il renferme un ensemble remarquable de questions que les officiers ne seront probablement pas fâchés d'avoir sous les yeux, nous nous sommes décidé à le publier ici; libre à eux d'en extraire les chapitres que les circonstances leur permettront de traiter.

MINISTÈRE
DE LA GUERRE.

CARTE DE FRANCE.

DIRECTION GÉNÉRALE
DU DÉPÔT DE LA GUERRE.

MÉMOIRES.

CARTE DE FRANCE.

BUREAU
DES MÉMOIRES.

**TABLEAU des matières qui doivent être traitées dans les mémoires
des officiers employés à la Carte de France.**

TITRE DU MÉMOIRE À ÉCRIRE EN TÊTE DE LA 1^{re} PAGE.

MÉMOIRE descriptif et militaire sur le terrain reconnu par Monsieur le (grade et nom de l'officier) compris dans la feuille de (nom de la feuille de gravure) partie situé dans les cantons de , arrondissement de , département de , et faisant partie de l'ancienne province de

TITRE POUR LES MÉMOIRES D'ENSEMBLE DES CHEFS DE SUBDIVISION.

MÉMOIRE d'ensemble, descriptif et militaire, rédigé par Monsieur le , chef de la subdivision topographique de la Carte de France, sur le terrain reconnu par cette subdivision, en 18 , compris dans les feuilles de , et situé dans les arrondissements de , département de , ancienne province de

Nota. On écrira en tête de chaque chapitre son titre, et en marge, les sous-titres de chaque article.

CHAPITRE PREMIER.

DESCRIPTION PHYSIQUE.

Position géographique du terrain reconnu. — Limites approximatives entre lesquelles le terrain reconnu est compris. — Latitude, longitude et altitude du lieu le plus important du terrain ; — versant général dans l'Océan, dans la Manche, ou dans la Méditerranée ; — dans le bassin de 1^{er} ordre, auquel le terrain appartient (*).

Configuration générale du terrain. — Aspect général du terrain : montueux ou en plaine ; — couvert ou découvert ; — d'un accès facile ou coupé d'obstacles, de haies, de fossés, de murs de clôture, d'escarpements, de rochers, etc. ; — couvert de bruyères ; — sec ou marécageux.

(*) On considérera comme bassins de premier ordre, ceux de la Seine, de la Loire, de la Garonne, du Rhône et du Rhin.

Dans un pays maritime : forme de la côte, dunes ou falaises ; leur hauteur, leur étendue ; si elles sont rongées par la mer ou si leur forme reste intacte. — Estran : marécageux, sablonneux ou couvert de galets. — Plage unie ou semée de rescifs. — Anses, baies, rades, ports naturels, havres, points d'abordage pour la navigation maritime ou fluviale ; avantages qu'ils offrent à la navigation. — Travaux de main d'homme, destinés à arrêter les envahissements de la mer. — Tirant d'eau au delà duquel les bâtiments ne peuvent entrer dans l'un ou l'autre port. — Bancs et barres qui se trouvent sur la côte et à l'embouchure des rivières navigables ; — décrire cette embouchure ; signaler les difficultés de l'entrée des bâtiments en rivière et de leur sortie, soit par l'effet des obstacles du terrain, soit par l'action des vents ou celle des marées ; faire connaître si les barres sont mobiles et si le passage est moins praticable dans une saison que dans d'autres.

Bassins et lignes de partage, orographie. — Des bassins fluviaux ou côtiers ; — désignation de celui ou de ceux dans lesquels se trouve le terrain reconnu ; — ordre auquel ces bassins appartiennent (*).

Des chaînes de montagnes et de leurs ramifications : chaînes principales, secondaires ; — leur direction ; — aperçu descriptif ; — noms et cotes de hauteur des monts et des lieux les plus marquants.

Des chaînes ; des contre-forts, rameaux, appendices, etc. — Des chaînes de collines ou hauteurs d'un ordre inférieur ; — description de ces montagnes ou collines par chaîne ou par groupe. — Plateaux couronnant les hauteurs : indiquer par aperçu leur forme et leur étendue ; — lorsque le terrain ne renferme que des hauteurs d'un ordre secondaire ou inférieur, indiquer à quelle chaîne ces hauteurs se rattachent, en dedans ou en dehors de la feuille.

Des lignes de partage : leur direction ; — si elles sont de 1^{re}, 2^e ou 3^e ordre. — Points remarquables où elles passent ; ceux où elles se rattachent à la ligne de 1^{er} ordre. — Cotes des points les plus élevés ; — si elles traversent des plateaux ou des sommités plus ou moins prononcées.

Vallées, vallons, ravins, gorges ; — leur longueur et largeur ; hauteur des berges et inclinaisons de leurs pentes ; — grands accidents du terrain qui détruisent leur régularité ou qui gênent la circulation : mamelons ou escarpements qui resserrent ou barrent les vallées, forêts, lacs, marais, etc.

Plaines unies, ondulées, entrecoupées de mamelons, de rideaux, de landes, de marais, etc.

Iles maritimes ou fluviales : — leurs longueur et largeur ; montagneuses, plates, marécageuses ou couvertes de sables ; — boisées, cultivées ou en friche ; — habitées ou non. — Ports ou ancrages : — les décrire comme le terrain de terre ferme, lorsqu'elles sont importantes. — Iles flottantes.

(*) Le bassin de premier ordre étant déjà indiqué dans le premier article de ce chapitre, on y renverra, s'il y a lieu. Dans les autres cas, on mentionnera ici les bassins d'un ordre inférieur, mais en ne désignant comme tels que ceux dont le thalweg est occupé par une rivière. Les bassins des ruisseaux ne seront décrits qu'à l'article : Vallées, vallons, etc.

Hydrographie. — Cours d'eau du terrain reconnu. — Lieux où ils prennent leur source ; — direction générale du cours. — Villes principales où passe le fleuve ou la rivière. — Longueur totale du cours d'eau. — Lieu de son embouchure ou confluent. — Affluents les plus remarquables.

Sur le terrain reconnu : si le cours est en ligne droite ou sinueuse. — Largeur et profondeur à l'état ordinaire ou normal, dans les hautes et les basses eaux. — Étiage des fleuves et rivières ; si à cette limite le cours d'eau est guéable ; variations de son lit. — Lieux où le fleuve ou rivière se divise ; importance des bras. — Encaissement du cours d'eau. — Pente par kilomètre : signaler les changements brusques de niveau, les chutes, les cascades et les barrages naturels. — Vitesse du courant par kilomètre — Crues périodique ou accidentelles : causes qui les produisent ; époques auxquelles elles ont lieu généralement ; leur hauteur au-dessus de l'étiage. — Inondations : jusqu'où elles s'étendent dans la vallée ; signaler les plus remarquables et les lieux qui en ont le plus souffert. — Travaux exécutés pour prévenir leur ravage ; digues, écluses, etc. ; idem, pour l'industrie. — Particularités remarquables sur les inondations et leurs effets. — Nature du fond : roche, gravier, sable, vase. — Nature des rives : en roche, sable, gravier, terrain fangeux ; — plates, en pente douce, escarpées, verticales, creuses ; — leur hauteur au-dessus des eaux normales ; — couvertes de pierres, de bois, de prairies, de roseaux, les bords seulement plantés. — Commandement constant ou alternatif d'une rive sur l'autre.

Pour les ruisseaux, on se bornera aux données principales, suivant leur importance.

Canaux : leur désignation et lieux où ils aboutissent. (On portera les détails descriptifs au troisième chapitre.)

Laes : leur longueur, largeur, profondeur. Nature du fond et des rives ; — s'il y a des parties guéables ; — s'ils peuvent être traversés en bateau ou s'ils sont propres à la navigation ; dans ce cas, en faire connaître les particularités ; — s'ils sont poissonneux.

Etangs : naturels ou artificiels ; — permanents ou non. — Facilité de les vider. — Si le fond serait praticable pour des troupes. — Produits qu'on en tire par la pêche, par la culture. — Leur influence sur la santé des habitants.

Marais : formés par des courants d'eau ou par des sources ; — ayant des blanes d'eau ou seulement un terrain vaseux ; — leur étendue ; — s'ils sont traversés par des chemins découverts ou cachés ; — facilité de les dessécher. — Tourbières : leur étendue ; — si elles sont praticables ; — si elles sont exploitées et les produits qu'on en retire.

Flaques d'eau, mares : usage qu'en font les habitants ; — si elles influent sur la salubrité.

Fontaines et sources : si elles sont nombreuses, abondantes ; — si elles donnent de l'eau potable, saline, bourbeuse, etc. — Désigner les principales ; — leur température quand elle diffère sensiblement de celle de l'atmosphère. — Usage qu'en font les habitants. — Particularités remarquables. — Fontaines jaillissantes, intermittentes, etc.

Citernes, puits ordinaires, naturels. — Signaler les contrées où, à défaut de courants d'eau, on a dû recourir à ces moyens ; — s'ils suffisent aux besoins des habitants. — Puits artésiens : leur profondeur, abondance et qualités de leurs eaux. — Gouffres.

Nature du sol, géognosie. — De la nature du sol à la surface du terrain, à différentes profondeurs. — Grottes, cavernes : leur étendue ; usage qu'on en fait ou qu'on en pourrait faire. — Accidents remarquables du même genre : courants d'eau, lacs souterrains, etc. — Composition de la terre végétale ; son épaisseur sur les différentes parties du terrain.

Voleans : parties de la feuille occupées par des terrains volcaniques. — Cratères : leur situation, leur hauteur, leur forme. — Scories, laves, basaltes, etc.

Minerais de toute espèce, — exploités ou non. — Mines, houillères : leur profondeur et leur importance ; qualités des produits. — Carrières de marbre, de pierre, de chaux, de plâtre. — Sablières, nitrières. — Indiquer celles qui sont exploitées. — Qualités de ces matériaux.

Sources d'eau thermique, minérale. — Nature et qualités de leurs eaux ; — de l'usage qu'on en fait.

Sel gemme, sources salées, marais salants.

Aérogaphie. — Climat : chaud, froid, sec, humide. — Hauteur moyenne du baromètre. — Température dans les diverses saisons. — Maximum de chaleur et de froid, température moyenne.

Nombre annuel de jours pluvieux, quantité moyenne de pluie par année. — Durée de la neige sur le sol, rivières qui gèlent, et à quelle température.

Vents régnants ; — brouillards ; — propriétés de l'air et des eaux relativement à la santé des hommes et des animaux ; — maladies endémiques. — Causes d'insalubrité, moyens d'y remédier. — Faits météorologiques intéressants : orages violents ou fréquents, grêle, trombes, etc. — Plantes qui caractérisent le climat ; le seigle, le blé, la vigne, l'oranger, la cochenille, etc. — Forêts en bois résineux, à feuillages, etc.

Marées : particularités importantes relatives aux marées. — Limites des marées dans les ports et dans les rivières.

CHAPITRE II.

STATISTIQUE.

Divisions politiques et administratives. — Ancienne province dont le terrain faisait partie avant 1789. — Départements, arrondissements électoraux, communaux, cantons, désignation des communes (*). — Divisions et subdivisions militaires ; légion de gendarmerie ; dépôt de remonte. — Ressort de Cour royale. — Directions et bureaux de poste. — Ponts et chaussées ; mines. — Conservation des forêts. — Haras. — Direction et bureaux de douanes. — Circonscriptions ecclésiastiques : diocèse, consistoires. — Circonscription académique, etc. — Pour la marine : préfecture maritime, arrondissements, quartiers.

(*) Il est important de rapporter ici les noms de toutes les communes du terrain reconnu, à moins qu'ils ne soient tous dans le tableau statistique : dans ce cas seulement, on y renverrait.

Population. — Population totale par canton. — Répartition de la population entre les villes et les campagnes, entre l'agriculture et l'industrie, entre les pays de montagne et les pays de plaine, etc.

Si la population est croissante ou décroissante. — Comparaison du nombre existant avec celui d'une époque antérieure. — Cause de ce mouvement. — Nombre d'habitants par myriamètre carré. — Recrutement : nombre d'hommes recensés (par canton) comparé à celui de la population. — Nombre d'hommes déclarés bons pour le service, comparé à celui des hommes examinés par le conseil de révision ; taille moyenne des hommes soumis au recrutement ; — s'ils sont plus ou moins propres aux armes spéciales (cavalerie, artillerie ou train).

Stature, constitution physique, caractère, mœurs, manière de vivre et costume des habitants.

Dissemblance ou homogénéité entre les habitants ; — sympathies ou aversions. — Leur aptitude ou leur goût pour la guerre, les arts, les sciences, le commerce ou l'agriculture. — Migrations d'ouvriers pour l'agriculture ou l'industrie ; se portant dans d'autres contrées ou venant des pays voisins ; étendue et durée de ces migrations.

Langage. — Langues, dialectes, patois. — Parties de la population qui les parlent. — Orthographe usuelle des noms de lieux ; leur prononciation quand elle diffère du langage ordinaire ; leur étymologie. — Mots caractéristiques qui se trouvent dans le langage de la contrée ; citer des exemples.

Religions. — Religions et sectes diverses. — Rapport de la population des unes avec celle des autres. — Leurs dispositions réciproques.

Instruction publique. — Degré d'instruction des diverses classes de la population. — Rapport du nombre des individus qui savent lire, écrire et compter à la population totale ; écoles de toute espèce. — Bibliothèques publiques. — Facultés académiques. — Sociétés savantes.

Édifices publics et objets d'art. — Des édifices publics et des objets d'art. — Églises ou temples, châteaux, hospices, maisons de ville ou d'administration diverses, collèges, séminaires, musées, bibliothèques, prisons, bourse, halle, phares, etc., maisons ou bâtiments remarquables, soit par leur construction, soit sous le rapport historique. — Faire connaître leur destination, leur capacité et ce qu'ils ont qui les distingue. — Objets d'art estimés.

Autres ouvrages de main d'homme. — Habitations diverses. — Maisons de plaisance, fermes, métairies, etc. — Indiquer en général leur forme, leur capacité, leur construction (en pierres, en briques, en pisé, en bois, etc.) ; — couvertes en tuiles, en chaume, etc.

Ressources pour le logement des troupes. — Aperçu des ressources pour le logement des troupes, hommes et chevaux ; — pour les troupes en marche, en cantonnement. — Dans les bâtiments militaires, dans les autres établissements publics et chez les parti-

culiers. — Grands bâtiments propres à réunir un certain nombre d'hommes ou de chevaux. — Dire si le pays ne contient que de petites habitations (*).

Matériaux de construction. — Des matériaux de construction employés dans le pays : marbres, pierres de taille, moellons, briques, pisé, etc. — Bois de charpente et autres. — Métaux. — Indiquer d'où ils sont tirés.

Agriculture. — Etat de l'agriculture dans le pays : aperçu général de sa situation ; progrès ou décadence. — Qualités du sol : dire si le terrain est plus particulièrement propre à produire du blé, du seigle ou de l'avoine ; pour la vigne, les prairies, les bois, etc. — Grandes ou petites exploitations. — Méthodes de culture, par des chevaux, des bœufs ou à la bêche. — Rotation des récoltes : assolements usités dans le pays ; prairies artificielles, variétés des cultures. — Rapport de la récolte à la semence. — Produit par hectare des terres labourables, des vignes, des vergers, des prairies ; indiquer les produits divers : chanvre, lin, plantes oléagineuses, betteraves, garance, tabac, etc. — Rapport des produits à la consommation,

Bois et forêts. — Forêts royales. — Bois communaux et particuliers. — Quelles essences y dominent. — Hautes futaies, bois taillis ; — aménagement. — Aperçu de l'étendue des forêts et de leur état : fourrés, clairières, terrain cultivé, prairies, étangs, habitations, etc., qu'elles renferment. — Praticables ou non pour les troupes, pour l'artillerie. — Coupées de routes, de chemins, de tranchées. — Bois propres à la marine, à la construction des maisons, à la boissellerie.

Bestiaux et économie rurale. — Des bestiaux : races de chevaux, leurs qualités ; si ces races sont en progrès ou en décadence. — Nombre approximatif, par canton, des chevaux propres au service militaire : chevaux de selle, de trait. — Haras. — Lorsqu'il y a un dépôt de remonte, chevaux qu'il fournit annuellement en moyenne. — Mulets, ânes, — Race bovine : si elle est nombreuse relativement à la population et aux besoins de l'agriculture ; ses qualités. — Bêtes à laine : races existantes ; si elles sont nombreuses ; leurs qualités. — Chèvres, seulement dans les pays où il y en a des troupeaux, etc.

Produits de basse-cour, de chasse, de pêche, qui entrent dans le commerce : volailles, porcs, gibier, poissons. — Beurre, œufs. — Laiteries, fromageries, ruches, huiles, fruits, etc.

Industrie. — De l'industrie : moulins à bras, à vent, à eau, à la vapeur, ceux dits à l'anglaise : leur situation et leurs produits. — Indiquer les autres moulins à huile, à tan, à foulon, etc. — Papeteries, leurs produits. — Fabrication à la main, à la mécanique. — Usines pour la fonte et le travail des métaux. — Salines. — Fabriques d'étoffes de laine, de coton, de toile, de soie ; chapelleries, corderies, tanneries. — Fabriques de porcelaines, de faïences, de poteries, de briques, tuiles, etc. — Leur impor-

(*) Les ressources pour le logement seraient calculées de manière à ce que ceux qui occupent les bâtiments ne soient pas obligés de les évacuer.

tance, nombre d'ouvriers qu'elles emploient. — Fabrication à la main, avec des chevaux, par l'eau, à la vapeur. — Produits annuels en nature. — Chômage.

Mesures locales dans le lieu principal du terrain reconnu : linéaires, agraires, de poids. — Leur rapport avec le système métrique.

Commerce. — Du commerce : produits agricoles, industriels, — de consommation, d'importation, d'exportation, de transit. — Entrepôts. — Foires et marchés : de grains, de bestiaux, etc.; à quelles époques ils se tiennent ; leur importance.

Statistique particulière. — De la statistique des chefs-lieux de département, d'arrondissement, des places fortes, des villes de garnison ou maritimes, et de toutes celles ayant au moins 3,000 âmes de population. — Situation : avantages de la position du lieu pour sa destination comme place forte, centre d'industrie, de commerce, etc.; comme port de mer, sur une rivière, à un nœud de route, dans un pays fertile, etc.; — sa distance aux villes importantes les plus voisines. — Aspect de ses bâtiments en général : leur forme, mode de construction, ressources qu'ils peuvent offrir pour le logement des troupes et les établissements militaires; — fermée ou non : forme de l'enceinte; fortification ancienne ou moderne, mur d'octroi ou murs de clôture, etc.; — Autorités diverses qui y siègent. — Détails sur la population, les établissements publics de toute espèce, la distribution des eaux à l'usage des habitants, pour l'industrie et le commerce; — hommes célèbres du pays. — Origine du lieu et changements importants qu'il a éprouvés jusqu'à nos jours.

La statistique particulière des places fortes sera plus détaillée que pour les villes ouvertes : ainsi, quel système de fortification y est appliqué; le nombre des fronts; s'il y a des dehors (demi-lunes, chemins couverts, contre-gardes, etc.); des ouvrages détachés, leur forme et leur importance; si la place est protégée par une rivière, des inondations, des marais, des escarpements, etc. Indiquer les bâtiments à l'épreuve, les casemates; enfin, les ressources qu'offrent les bâtiments militaires, et, au besoin, les établissements publics pour le logement des troupes, les hôpitaux et les magasins. (Voir au chapitre 4, page 165.)

Application des ressources locales au service des troupes. — Facilités ou obstacles de la part de l'administration ou des habitants pour appliquer avec promptitude les ressources du pays aux besoins des troupes, soit en marche, soit en cantonnement; — en quoi consistent les revenus communaux.

Garde nationale. — Organisation de la garde nationale en légions, bataillons, escadrons, compagnies ou fractions de compagnies d'infanterie, de cavalerie, d'artillerie, de pompiers; — force, par canton, de la garde nationale mobile; — nombre d'hommes appartenant à la réserve de l'armée; — armement au compte de l'État, des communes, des particuliers; sa situation, son entretien; habillement; — degré d'instruction militaire; — appui que prêterait au besoin la population armée.

CHAPITRE III.

COMMUNICATIONS.

Exposé sommaire du système général des communications.

Routes royales. Route de.... à.... n°.... — Détails pour chaque route royale : classe. — Direction générale. — Largeur : si elle est pavée, ferrée à la Mac-Adam, ou à l'ancienne manière ; — en terrain naturel ; — bordée d'arbres, de haies, de fossés, de murs, de jalons. — Pentes d'enrayage et autres accidents ; — défilés ; — facilités ou obstacles pour les ébarrois. — Distance du terrain reconnu aux villes importantes les plus rapprochées. — Comment fréquentée : relais de poste, voitures publiques, roulage. — Moyens qu'offrent les localités pour améliorer ou détruire les routes. — Parties de routes établies sur des voies romaines.

Routes départementales. Route de.... à.... n°.... — Des routes départementales : détails comme pour les précédentes, suivant leur importance.

Chemins vicinaux de grande communication. — Indiquer, par leurs aboutissants, les chemins vicinaux de grande communication qui passent sur le terrain reconnu. — Communes principales qu'ils mettent en communication. — Largeur de ces chemins ; — s'ils sont ferrés ou en terrain naturel, leur état d'entretien ; — s'ils sont propres aux charrois en toutes saisons. — Accidents du terrain qu'ils traversent : escarpements, forêts, gués, défilés, chemins creux, chemins en rampes, mauvais pas, etc.

Chemins communaux. — Des chemins communaux : il y en a de plusieurs sortes (*) ; — faire connaître celles qui dominent dans la contrée ; — s'ils sont praticables aux voitures ou seulement aux bêtes de somme ; — s'ils sont praticables en toutes saisons ; — comment ils sont entretenus.

Des sentiers ou chemins non classés : signaler les plus fréquentés et ceux qui pourraient avoir de l'importance dans les opérations militaires.

Chemins de fer. — Des chemins de fer commencés ou livrés au public : leur direction. — Lignes simples, doubles. — Villes où ils aboutissent ; distances qu'ils parcourent ;

(*) Les chemins non compris dans les désignations précédentes peuvent être classés de la manière suivante :

1° Ceux qui vont d'une commune à une autre, sans être chemins de grande communication ;

2° Ceux qui font communiquer entre elles les différentes parties d'une même commune ;

3° Les chemins ou avenues qui servent de communication entre les lieux habités et les routes ;

4° Les chemins d'exploitation, ouverts dans une certaine étendue pour les transports dans les champs, les prairies, les vignes, etc. ; la plupart se perdent dans les terres ;

5° Les chemins de montagne ne sont, en grande partie, propres que pour les bêtes de somme : ils répondent, pour leur destination, aux espèces précédentes ;

6° Les chemins de bois : les uns traversent les forêts, les autres sont des chemins de coupe ou d'exploitation qui n'ont qu'une issue. Ce qui est particulièrement à remarquer dans les chemins de bois, ce sont les carrefours ou étoiles, et s'ils sont toujours praticables ;

7° Les chemins de marais. Dans les grands marais couverts de joues, il existe des chemins cachés qui ont de l'importance ; ils méritent d'autant plus d'attention qu'ils sont souvent ignorés d'une partie des habitants ;

8° Les sentiers. La plupart ne servent qu'aux piétons et pour raccourcir une distance ; il en est qui acquièrent quelquefois de l'importance, quoiqu'ils soient souvent effacés ou qu'ils changent de direction de temps à autre.

— pentes qu'ils suivent ; — obstacles qu'ils traversent : rivières, montagnes, forêts, etc. — Temps désigné pour le voyage. — Mode de construction : sur le sol, sur voûtes ou viaducs ; souterrains. — Objet du chemin ; pour le transport des voyageurs, d'objets de commerce, à l'usage des usines ou des manufactures. — Influence de chacun de ces chemins sur les opérations militaires faisant le sujet du chapitre 4 du mémoire. — Chemins de fer projetés.

Lignes télégraphiques. — Direction des lignes télégraphiques. — Villes principales où elles aboutissent. — Stations télégraphiques existantes sur le terrain reconnu. — Lignes projetées.

Navigation des rivières et canaux. Rivières. — Détail sur chacune des rivières navigables. — Limites et étendue de la partie flottable, navigable. — Ports ou gares. — Embarras ou accidents du terrain qui gênent la navigation. — Travaux d'art et d'entretien pour la canalisation de la rivière : digues, écluses, sas, pertuis, barrages, déversoirs, etc. ; curage, réparations. — Durée annuelle du chômage.

Nombre, dimensions et tirant d'eau des bateaux. — Chargement mesuré par tonneau ; des bateaux naviguant par le balage, à la voile, à la vapeur. Evaluation du transport annuel des voyageurs, des denrées et marchandises agricoles, industrielles, indigènes, étrangères.

Canaux. — Détail sur chaque canal passant par le terrain reconnu : nom et aboutissants du canal ; à point de partage, latéral à des rivières, de communication entre deux voies navigables, etc. — De grande ou de petite navigation ; — sa longueur, — sa destination et son importance. — Lieux principaux où il passe, — sa largeur à la surface des vives eaux. — Nature du pays qu'il traverse, — pente générale. — Rivières ou autres eaux qui l'alimentent. — Travaux plus au moins considérables qu'a exigés la construction du canal : digues ou percées, écluses, sas, etc. — Distances entre les écluses ou sas, ou longueur des biefs. — Hauteur de chute aux écluses.

Nombre, dimensions et tirant d'eau des bateaux employés sur le canal. — Leur chargement mesuré par tonneau. — Nature habituelle du chargement : voyageurs, denrées ou marchandises agricoles, industrielles, indigènes, étrangères.

Ponts, bacs et autres moyens de passage des rivières et canaux. — Des moyens de passage des rivières et canaux existants sur le terrain reconnu. — Considérations générales sur les avantages qu'offrent ces points de passage pour la défense. — Ponts existants ; leur emplacement ; leur longueur ; largeur du passage ; leur construction : en pierre, en bois, en fer ; ponts suspendus, à une ou plusieurs arches ; pour les voitures, pour les piétons seulement, à péage. — Passerelles. — Ponceaux. — Etat d'entretien du pont. — Moyens de réparations qu'offrent les localités. — Comment les détruire.

Bacs, ponts volants ; durée de la traversée. — Nombre d'hommes, de chevaux et de voitures qu'ils peuvent porter.

Gués : s'ils sont permanents ou mobiles. — Leur direction perpendiculaire ou oblique au courant. — Qualité de leur fond : roche, gravier, sable fixe ou mouvant. — Leurs

longueur et largeur, — s'ils sont propres au passage de l'artillerie, de la cavalerie, de l'infanterie seulement. — Moyens de les rendre impraticables.

Emplacements convenables pour des ponts militaires de bateaux, de chevalets, etc. — Longueur que ces ponts auraient. — Facilité des abords.

Marine. — Dans les ports : établissements de la marine royale lorsqu'il n'y aura pas de statistique particulière du lieu. — Bâtiments de la marine royale. — Nombre et tonnage des bâtiments du commerce, des bâtiments qui entrent et sortent annuellement. — Nombre d'individus faisant partie de l'inscription maritime. — Evaluation des marins attachés au commerce de long cours, au cabotage, à la pêche.

CHAPITRE IV.

CONSIDÉRATIONS MILITAIRES.

Considérations générales. — Observations générales, sous le point de vue militaire, sur la zone des frontières, lorsque le terrain reconnu y sera compris ou en sera peu éloigné, et dans l'intérieur, sur les rapports de cette zone avec les lignes de défense principales couvrant le terrain reconnu et les points de concentration où concourraient plusieurs lignes d'opération. — Quand le terrain reconnu se trouvera en arrière de cette zone, ou prendra, pour base du travail, ou pour point de départ, la ligne défensive la plus rapprochée et en avant de ce terrain. — Aperçu descriptif du terrain sur lequel s'exécuteraient les opérations militaires dont on fera mention dans le 4^e chapitre du mémoire. — Avantages ou inconvénients pour la défense du territoire de cette disposition générale du terrain.

Lignes d'invasion ou grandes lignes d'opérations et lignes accessoires de l'ennemi. — Lignes de retraite de l'armée défensive et toutes autres communications dont on ferait usage dans les opérations militaires. — Lignes de défenses naturelles ou artificielles, que la nature des lieux permettrait d'opposer à une invasion : rivières profondes ou peu guéables, montagnes, forêts, défilés, places fortes, etc. — Distances entre les points principaux.

Direction que prendrait l'invasion d'après le but probable de l'ennemi, l'ensemble des communications, les obstacles du terrain et ceux qu'on peut lui opposer.

— Système de défense ou moyens proposés par l'officier d'après la nature du terrain, les communications et les opérations militaires que comporterait le terrain reconnu; — aperçu de la composition et de la disposition générale des troupes dans ce même système.

Les contrées d'un accès difficile, telles que dans les pays montagneux ou accidentés, ceux couverts de forêts, de bocages; ceux, enfin, qui offrent de nombreux défilés, étant propres à la guerre de chicane, on fera un aperçu de l'organisation d'une guerre de partisans, proportionnée à l'importance des lignes d'opérations auxquelles le terrain appartient. — Indiquer l'étendue de la contrée dans laquelle cette guerre pourrait s'exécuter. — Les villes, bourgs ou villages et même les lieux non habités où plusieurs routes ou chemins de grande communication se croisent, pourraient servir de point de ralliement ou d'appui à des détachements ou à des corps de partisans; les chemins qui

unissent ces nœuds de routes entre eux et la distance qui les sépare. — L'influence que les opérations de ces corps auraient sur les mouvements ou les communications de l'ennemi. — Le plus ou moins de facilités que l'on trouverait dans le pays pour l'organisation de ces corps, ou pour les seconder dans leurs opérations, tant par l'esprit belliqueux ou le dévouement des habitants que par les ressources que le pays fournirait en hommes, chevaux, vivres, moyens de transport, etc. — Indiquer les parties du terrain reconnu propres aux embuscades, aux surprises, et ceux reconnus conveables pour l'établissement de postes retranchés. Les officiers se borneront à des considérations générales pour l'ensemble de la contrée; mais ils entreront dans tous les détails pour ce qui concerne leur terrain.

Une grande invasion qui pénétrerait à l'intérieur du royaume exigerait le rassemblement des réserves et même des levées en masses, et l'emploi de toutes les ressources du pays à l'usage des armées (l'armement, l'équipement, les munitions de tout genre et les moyens de transport). Les grands centres de communications, de l'administration ou du commerce et les places fortifiées sont les points naturels de concentration ou les dépôts des hommes et des choses. — On signalera ceux de ces points existants sur le terrain reconnu ou le point sur lequel ce terrain doit fournir. — Les contrées environnantes (par arrondissement) qui auraient à y verser leurs ressources en hommes et approvisionnements. — Donner un aperçu de l'étendue des ressources qui se réuniraient sur chaque point de concentration. — Indiquer enfin les lignes et les positions défensives qui pourraient être alimentées ou renforcées par ces dépôts. Les chefs de subdivision désigneront à leurs officiers les points de concentration générale auxquels leur terrain se rapporte.

Quand le terrain reconnu sera à proximité ou dans un bassin côtier, on aura égard, dans l'étude du système de défense, aux attaques maritimes et aux débarquements qui pourraient s'effectuer à portée de ce terrain.

Position de Positions pour un corps d'armée, pour une division, pour un détachement plus ou moins considérable, couvertes par des obstacles naturels ou à retrancher. — Positions de combat, places de campagne, camps retranchés, postes divers, etc. — Détails sur les positions que renferme le terrain reconnu, leur rôle dans la défense générale. — Distance à toutes les places voisines et aux lignes d'invasion. — Description de chaque position, considérée sous le rapport militaire; étendue du front et de la profondeur. — Obstacles couvrant le front et les flancs. — Indication et facilité des communications et des diverses lignes de retraite. — Minimum et disposition des troupes de toutes armes nécessaires à la défense de chaque position. — Ouvrages à élever pour en augmenter les moyens de défense. — Lieux propres à mettre les paires en sûreté. — Parti qu'on peut tirer des villes, villages, châteaux, églises, cimetières, fermes, etc., pour la défense et pour former des dépôts. — Lieux d'où on pourra tirer les vivres et les fourrages, l'eau et le bois.

Lorsque le terrain reconnu contiendra une place forte ou maritime, on complètera dans cet article ce qui aura été exposé dans la statistique particulière, en appliquant à la position sur laquelle elle est assise, les considérations indiquées ci-dessus, qui s'y

rapportent ; ajoutant des observations sur les avantages ou les inconvénients de la disposition et de la construction des ouvrages, et sur le flanquement, le défilement et la force ou capacité de ces ouvrages avec leur état d'entretien ; indiquer le front ou les fronts d'attaque, et enfin donner un aperçu descriptif des environs pour faire ressortir les difficultés que l'ennemi aurait à en entreprendre le siège. — Pour les places maritimes, on signalera, par la description des abords, si la place ou les établissements de la marine seraient exposés aux effets d'un bombardement ou d'un incendie par les bateaux à vapeur ou les fusées. — Faire connaître si les localités permettraient, par quelques dispositions qu'on indiquerait, de tenir les bâtiments ennemis assez éloignés pour n'en avoir rien à craindre.

Sur les côtes, indiquer les points où l'on pourrait effectuer des débarquements. — Dispositions à faire pour s'y opposer. — Positions à occuper pour arrêter l'ennemi qui aurait débarqué.

Considérations sur les mouvements de retraite. Retraite de. . . à. . . — Lorsqu'on aura à reconnaître des communications sur lesquelles on jugera que l'ennemi peut s'engager, on pourra supposer un corps en retraite devant un ennemi supérieur en forces, et on indiquera, avec tous les détails proportionnés à leur importance, toutes les positions où l'on pourrait arrêter ou retarder la marche de l'ennemi ; on donnera un aperçu des mouvements principaux pour se retirer d'un point sur un autre, et du temps que tiendrait chaque position, dans l'hypothèse que l'on aura établie.

Considérations sur le terrain reconnu, en cas d'un retour offensif. — Le terrain reconnu sera envisagé par un simple aperçu, sous le rapport de l'offensive, c'est-à-dire, quels seraient ses avantages ou ses inconvénients pour les opérations, en cas de retours offensifs. — Facilités qu'on aurait à se porter sur les flancs, et à déborder la marche des corps ennemis en retraite.

CHAPITRE V.

HISTORIQUE.

SECTION PREMIÈRE.

HISTOIRE GÉNÉRALE.

Événements politiques. — Aperçu des principaux événements politiques survenus depuis les temps anciens jusqu'à nos jours, dans la contrée où le terrain reconnu est situé : origine des lieux marquants ou de la population actuelle, lorsque le mémoire n'aura point de statistique particulière ; passage de la contrée sous différents gouvernements ou dominations ; grands désastres qu'elle a éprouvés ; événements dont elle a été le théâtre ; hommes célèbres qui ont influé sur le sort du pays.

SECTION DEUXIÈME.

ARCHÉOLOGIE.

Monuments historiques. — Monuments fixes de chacune des époques gauloise, grec que, romaine, chrétienne. — Monuments meubles. — Chaque époque divisée en trois classes : monuments religieux, monuments militaires, monuments civils.

Villes ou villages, châteaux forts, camps anciens, temples, etc., leur emplacement ; — leur description ; — vestiges qui en restent. — Autorités d'après lesquelles on aura fait la description : historiens, traditions du pays, etc.

Voies romaines. — Des voies romaines qui passent par le terrain reconnu ; — lignes qu'elles parcourent ; leurs aboutissants et leurs ramifications ; — vestiges qui en restent. — Nature des matériaux.

Documents et matériaux historiques. — Des documents et matériaux historiques existant dans les musées et les bibliothèques publiques et particulières : ouvrages imprimés, manuscrits, dessins, gravure et sculpture qui ne sont pas généralement connus.

SECTION TROISIÈME.

HISTOIRE MILITAIRE.

Événements militaires. — Relation des événements militaires remarquables à différentes époques, et dont le terrain reconnu aura été le théâtre, tels que batailles, combats, sièges, etc., suivant l'ordre chronologique. — Circonstances que les historiens généralement connus n'auraient pas mentionnées, ou qu'ils auraient rapportées inexactement. — Sources où les renseignements auront été puisés.

TABLE DES MATIÈRES.

CHAPITRE PREMIER.

DESCRIPTION PHYSIQUE.

Pages.

Position géographique du terrain reconnu.	1
Configuration générale du terrain.	2
Bassins et lignes de partage, orographie (*).	3
Hydrographie (nom de chaque fleuve, rivière, ruisseau), un seul article.	4
Nature du sol, géognosie.	5
Mines et carrières.	6
Aérogaphie.	7

CHAPITRE II.

STATISTIQUE.

Divisions politiques et administratives.	8
Population.	9
Langage.	10
Religions.	11
Instruction publique.	12
Edifices publics et objets d'art.	13
Autres ouvrages de main d'homme.	14
Ressources pour le logement des troupes.	15
Matériaux de construction.	16
Agriculture.	17

(*) Lorsque chaque sujet à traiter se subdivisera et exigera des développements, on fera des sous-titres à chaque subdivision ou à chaque article.

Bois et forêts.	..
Besiaux et économie rurale.	..
Industrie.	..
Commerce.	..
Statistique particulière.	..
Application des ressources locales au service des troupes.	..
Garde nationale.	..

CHAPITRE III.

COMMUNICATIONS.

Exposé sommaire des communications.	..
Routes royales (indication de chacune).	..
Routes départementales (<i>idem</i>).	..
Chemins vicinaux de grande communication (indication de chacun).	..
Chemins communaux.	..
Chemins de fer (désignation de chacun).	..
Lignes télégraphiques.	..
Navigation des rivières et des canaux. Rivières.	..
Canaux.	..
Ponts, bacs et autres moyens de passage des rivières et canaux.	..
Marine.	..

CHAPITRE IV.

CONSIDÉRATIONS MILITAIRES.

Considérations générales.	..
Positions (indication de chaque position reconnue).	..
Considérations sur les mouvements de retraite.	..
Retraite de. h. (indication de chaque ligne de retraite).	..
Considérations sur le terrain reconnu en cas d'un retour offensif.	..

CHAPITRE V.

HISTORIQUE.

SECTION PREMIÈRE.

HISTOIRE GÉNÉRALE.

Précis des principaux événements politiques.	..
--	----

SECTION DEUXIÈME.

ARCHÉOLOGIE.

Monuments historiques (gaulois, grecs, romains, etc.).	..
Vestes romaines.	..
Documents et matériaux historiques.	..

SECTION TROISIÈME.

HISTOIRE MILITAIRE.

Rélatien des événements militaires (indication de chacun).	..
--	----

Date.

Signature de l'officier,

Le chef d'escadron, chargé du Bureau des Mémoires,

CHATELAIN.

Approuvé.

Le pair de France, Lieutenant général,
directeur du Dépôt général de la guerre,

PELET.

CARTE DE FRANCE.

DÉPARTEMENT
d
ARRONDISSEMENT
d
CANTON
d
18

COMMUNE d

MONSIEUR LE MAIRE,

Conformément à la circulaire de M. le Préfet, en date du , vous êtes prié de vouloir bien faire remplir le tableau ci-après, et d'y joindre les observations que vous jugerez nécessaires pour compléter les renseignements demandés.

Veillez faire faire ce travail le plus promptement possible, et le renvoyer à M.

A le 18
Le au Corps royal d'État major.

TABLEAU STATISTIQUE.

DÉSIGNATIONS.	QUANTITÉS dans la COMMUNE.	NOMS DES VILLAGES, HAMEAUX ET MAISONS ISOLÉES faisant partie de la commune	NOMBRE DE FEUX OU FAMILLES de chaque village, hameau ou maison isolée.	OBSERVATIONS.
POPULATION.				
Population totale.				
Individus du sexe masculin				
Individus du sexe féminin				
Hommes de 20 à 27 ans, propres au service militaire.				
Garde nationale sédentaire mobile.	 (*)			
ARTS ET MÉTIERS.				
Chirurgiens et médecins.				
Aubergistes.				
Boulangers.				
Epiciers.				
Bouchers.				
Cordonniers.				
Taillieurs.				
Maréchaux ferrants.				
Ouvriers en fer.				
Ouvriers en bois.				
Selliers et bourreliers.				
Maçons.				
Bateliers.				
Pris de la journée d'ouvrier d'art.				
d'une journée d'ouvrier de manœuvre.				
d'une journée d'ouvrier de collier.				
RESSOURCES POUR LE LOGEMENT.				
Nombre de maisons.				
Châteaux, auberges et grandes fermes.				
Nombre d'hommes qu'on peut loger.				
Nombre de chevaux qu'on peut loger.				

(*) On comprends dans ce nombre les hommes de la garde nationale mobile

DÉSIGNATIONS.	QUANTITÉS dans la commune.	NOMS DES VILLAGES, HAMEAUX OU MAIRONS ISOLÉS, qui font partie de la commune.	NOMBRE DE FEUX OU FAMILLES de chaque village, hameau ou maison isolée.	OBSERVATIONS.
FOURS.				
Nombre de fours.				
Kilog. de pain qu'ils peuvent faire en 24 heures.				
MOULINS.				
A farine. { Nombre.				
Produit en 24 h. quatre-vingt mètrq.				
A huile. (Nombre de).				
A scie. (Nombre de).				
MANUFACTURES ET USINES.				
Huile fourneaux. { Nombre.				
Produit annuel, quint. mètrq.				
Grandes forges. { Nombre.				
Produit annuel, quint. mètrq.				
Laine.				
Produit annuel, quint. mètrq.				
Coton.				
Produit annuel, quint. mètrq.				
Lin et chanvre. { Nombre.				
Produit annuel, pièces.				
Tanneries. { Nombre.				
Produit annuel, quint. mètrq.				
Papeteries. { Nombre.				
Produit annuel, quint. mètrq.				
Manufac- tures. { Nombre.				
diverses. { Produit annuel, quint. mètrq.				
ÉLEVAGES.				
Chevaux.				
Juments.				
Mulets.				
Ânes.				
Bœufs.				
Vaches.				
Moutons et chèvres.				
MOYENS DE TRANSPORT.				
Voitures { à deux roues.				
{ à quatre roues.				
Barques.				
Bateaux.				

DÉSIGNATIONS.	QUANTITÉS dans la COMMUNE.	NOMS DES VILLAGES, BATEAUX OU MAISONS ISOLÉES, faisant partie de la commune.	NOMBRE DE FEUX OU FAMILLES de chaque village, bateau ou maison isolée	OBSERVATIONS.
ÉTENDUE ET DIVISION DU TERRITOIRE.				
Terres à blé	hectar.			
Terres à seigle ou (*)	hectar.			
Terres à orge	hectar.			
Terres à avoine	hectar.			
En prairies	hectar.			
En vignes	hectar.			
En bois	hectar.			
En friches	hectar.			
Total du territoire	hectar.			
PRODUCTIONS ANNUELLES.				
Blé	hectol.			
Seigle	hectol.			
Avoine	hectol.			
Orge	hectol.			
Sarrasin et maïs	hectol.			
Pommes de terre	hectol.			
Légumes en graine	hectol.			
Vin	hectol.			
Bière et cidre	hectol.			
Gen-de-vie	hectol.			
Huile, quintaux métriques	quint. métr.			
Fourrages (*)	quint. métr.			
Fourrages (*)	quint. métr.			
CONTRIBUTIONS DIRECTES.				
Foncière, personnelle et mobilière, portes et fenêtres, et patentes de l'année courante				

CERTIFIÉ VÉRITABLE,

A

le

Le Maire de la commune,

(*) On demande le nombre d'hectares, 4^e des terres qui produisent ou qui sont susceptibles de produire du blé; 2^e des terres qui ne peuvent produire du blé, mais qui produisent du seigle ou de l'orge; 3^e des terres particulièrement propres à produire de l'avoine.

Topographie des reconnaissances militaires ou levés irréguliers.

200. *Les levés irréguliers* se font avec des instruments moins volumineux et plus ou moins susceptibles d'exactitude que ceux dont on se sert pour les levés réguliers. Les principes sur lesquels ils reposent sont les mêmes ; seulement, les moyens employés pour les obtenir sont moins rigoureux.

Souvent le mesurage au pas est substitué à celui fait à la chaîne. Certains détails se font à vue : alors *l'œil exercé* devient un des grands moyens, et ce n'est qu'après une longue habitude des levés réguliers, qu'un officier parviendra à obtenir cette justesse du coup d'œil qui le conduira à des résultats très rapprochés de la vérité. Nous ne pouvons donc trop recommander *l'exercice des levés réguliers* (*).

201. *Marche à suivre, dans un pays découvert.* — La première opération sera toujours la formation d'un canevas. La base de départ peut quelquefois être fournie par des cartes du matériel topographique de l'armée ; autrement, on la mesure à la chaîne et, au besoin, au pas. On aura soin de la choisir autant que possible sur une position élevée et unie, qui permette de découvrir de ses deux extrémités, une grande étendue du terrain à lever. Au moyen de la base, on formera quelques grands triangles, de manière à obtenir des points vers le centre de la feuille, et on se servira de ces points pour exécuter des triangles plus serrés. Ces triangles seront obtenus par les méthodes d'intersection et de recoupement et celle des segments capables. Il ne faudra pas craindre de passer un peu de temps à une station pour lancer tous les rayons possibles : ce sera toujours une bonne avance.

Les points ainsi déterminés serviront de départ pour exécuter les détails intermédiaires au pas et à l'œil ; il ne faut pas perdre de vue que la méthode des intersections doit avoir la préférence, car on sait que le chaînage entraîne à des erreurs, et à plus forte raison le mesurage au pas. Avant d'opérer, il sera bon, quand les circonstances le permettront, de faire signaler à l'avance, par plusieurs hommes, des points élevés, comme des arbres, par exemple.

202. *Marche à suivre dans un pays couvert.* — La méthode de cheminement est souvent la seule qu'il soit permis d'employer ; alors, le travail est plus sujet à erreur. Pour les atténuer autant que possible, il faut déterminer avec soin les directions principales que l'on suit, les points où elles se coupent, et multiplier avec la boussole les périmètres fermés qui servent à vérifier les opérations.

203. *Le figuré du terrain* est, au moins, aussi essentiel que la planimétrie dans les reconnaissances militaires. Il sert à faire apprécier le degré des pentes, le commandement des buttes ; renseignements indispensables pour la distribution et l'emploi des différentes armes et pour signaler la place des batteries (**).

(*) Voir un *Mémoire sur la levée expéditive d'une position militaire*, par M. Leblanc, chef de bataillon du génie, chez Bachevalier, rue du Jardinier, 12. Les instruments et le Mémoire se trouvent chez M. Gravet, rue Cassette, 14.

(**) L'on sait, par exemple, qu'une montagne, qui s'élève au-dessus d'une autre, la domine, la commande, lorsqu'elle n'est pas à plus d'une portée de canon (mille pas).

Les hauteurs les plus nuisibles à la guerre sont celles qui se trouvent à peu près de niveau, avec la hauteur sur la-

204. *Dessin des reconnaissances militaires.* On doit, dans le dessin des reconnaissances militaires, se conformer, autant que possible, aux principes exposés à l'article des levés réguliers; mais cette rigueur est subordonnée au temps qu'on peut y consacrer. L'exécution du trait est la même; souvent, on n'a pas le temps d'employer les teintes conventionnelles pour les natures de culture; alors, on met les lettres initiales pour les indiquer. Le trait des chemins sera toujours égal et sa grosseur proportionnée à leur importance; les routes seront toujours à deux traits: et les rivières qui ne comportent qu'un trait seront représentées par un trait bleu se grossissant à mesure que leur cours s'éloignera de sa source.

Si l'on n'a pas pu se procurer le cours des tranches horizontales préalables, pour le figuré du terrain, il faudra toujours le représenter par les hachures assujetties à cette loi, d'être d'autant plus serrées et plus courtes, qu'elles exprimeront une pente plus rapide.

Les écritures seront conformes au tableau-modèle ou faites en écriture courante et lisible, si le temps ne permet pas de faire autrement; mais leur grandeur sera toujours proportionnée à l'importance des objets.

Instruments portatifs.

205. *Petite planchette.*—Dans les levés irréguliers, on peut se servir d'une petite planchette portative, composée de plusieurs règles égales en longueur et en largeur, réunies par une peau sur laquelle elles sont collées.

Pour opérer, on maintient les règles dans un plan, au moyen de deux autres qui prennent une position rectangulaire sur les premières. Le tout se démonte et se roule de manière à fournir un très petit volume.

Pour alidade, on peut prendre une petite règle triangulaire, armée de pointes pour pinnules. Cette règle, divisée en fraction du mètre, sert en même temps d'échelle.

Le pied est une canne à pointe en fer, qu'on peut rebouter par trois ficelles tendues avec trois pierres ou trois piquets; ce procédé m'a réussi par des vents assez forts. Le même support me servait pour une petite boussole armée d'un petit échimètre donnant une minute.

Cette petite planchette évite les reports qu'exige la boussole, et le travail se fait d'une manière très expéditive; on peut encore faciliter son orientation au moyen d'un petit déclinatoire, et à défaut de déclinatoire, comme moyen approché, on peut fixer un style vertical sur la planchette et tracer, avec le secours d'une bonne montre, les ombres du style pour les différentes heures de la journée. On aura, par ce moyen, un cadran so-

quelle on est en position, et qui sont à portée de canon; à plus de mille pas, les coups deviennent incertains, et, quand elles sont trop élevées, la majeure partie des boulets passe par-dessus les sommets qu'elles commandent; elles ne sont jamais plus pernicieuses que quand elles prennent le camp en flanc.

Les hauteurs qui sont de meilleur défense, sont celles en pente douce; l'attaque en est extrêmement difficile, car on y est constamment sous le canon de l'ennemi, et l'on a souvent à esuyer un feu croisé.

laire qui, les jours suivants, pourra servir à décliner la planchette de la même manière ; il suffira de regarder à sa montre, eu s'établissant, et d'orienter sa planchette sur l'ombre du style correspondant à la même heure. (Voir, pour l'orientation des plans, ce que nous avons dit, liv. II, chap. 1, art. 90.)

206. *Sextant, octant, cercle à réflexion.* — Pour la mesure des angles, on peut faire usage de l'instrument employé habituellement par les marins, et qui permet de prendre des angles sans descendre de cheval. On en construit de très portatifs, puisqu'ils se renferment dans une tabatière. A la vérité, ils ne donnent que la miute et ne seraient pas convenables pour déterminer une latitude ; mais ils peuvent être fort utiles pour les détails qu'on se propose d'exécuter dans les reconnaissances militaires.



L'instrument contient deux miroirs D, C, en verre étamé. Leur épaisseur est partout la même : c'est-à-dire que leurs faces sont rigoureusement parallèles, ce que l'artiste obtient facilement.

Le miroir D n'est étamé que dans la moitié de la hauteur, l'autre moitié est transparente. Ce miroir est adapté à son support d'une manière fixe.

Le miroir C est étamé entièrement, et il est adapté à son support, de manière à pouvoir tourner sur un axe perpendiculaire au plan de l'instrument.

L'axe du miroir mobile C porte un bras de levier muni d'un vernier à son extrémité, qui se meut comme le miroir en parcourant un cercle gradué, de manière à indiquer les diverses inclinaisons du miroir mobile avec le miroir fixe, au moyen d'un système de graduation du limbe, dont nous parlerons à la fin, et qui repose sur les propriétés de l'instrument.

Occupons-nous de voir comment on peut, avec cet appareil, mesurer un angle O, formé par les rayons visuels, dirigés de O vers deux objets A et B.

Le rayon de lumière qui arrive du point B, dans la direction BO, rencontre le miroir C qui l'intercepte et le réfléchit suivant CD, de manière à ce que son angle de réflexion soit égal à son angle d'incidence : c'est-à-dire que les deux angles α sont égaux, CE étant perpendiculaire aux faces du miroir C.

Le rayon CD va de même se réfléchir sur la partie étamée du miroir D, de manière à donner les deux rayons CD et DO qui forment deux angles égaux β , avec la perpendiculaire DG aux faces du miroir D.

Supposons que le miroir C, qui est mobile, soit orienté de manière à faire coïncider la réflexion DO du rayon lumineux qui vient de B avec le rayon AO, qui vient directement de A, en traversant la partie supérieure du miroir D qui est transparente. Si la coïncidence est parfaite, l'observateur, avec la lunette en O, verra les deux objets A et B l'un sur l'autre, de manière à ne donner qu'une image. En déplaçant un peu le miroir mobile, on dédouble les deux images en deux objets séparés, afin de s'assurer que la coïncidence est parfaite, quand on ramène suffisamment le miroir mobile dans

la position convenable. Alors, le vernier qui suit les mouvements de ce miroir sur le limbe donne la mesure de l'angle O compris par les deux objets.

Pour s'en convaincre, faisons observer que le triangle GCD donne :

$$\alpha = \beta + G \text{ d'où } 2\alpha = 2\beta + 2G.$$

Le triangle OCD donne :

$$2\alpha = 2\beta + O,$$

Donc :

$$G = \frac{1}{2}O \text{ (1).}$$

Or, l'angle G, formé par les deux perpendiculaires GC et GD, aux plans des deux miroirs, donne la mesure de l'angle que forment les deux miroirs dans cette position ; et puisque l'équation (1) nous apprend que cet angle est la moitié de celui que forment les rayons dirigés vers les deux objets A et B, il n'y aura plus qu'à doubler l'angle G pour avoir l'angle O, et c'est ce que fait la division elle-même : car elle est exécutée de manière à fournir cette multiplication, en sorte que la lecture du vernier donne exactement la valeur de l'angle O.

L'arc gradué, que doit parcourir le vernier, est souvent le sixième de la circonférence : ce qui permet d'observer un angle dont l'ouverture est le tiers de 400°. Dans ce cas, l'instrument reçoit le nom de *sextant*.

Dans d'autres instruments, l'arc n'est que le huitième de la circonférence ; de là, le nom d'*octant*.

Dans certains instruments, pour atténuer l'erreur de lecture et de pointé, on a pris une circonférence entière, ce qui permet d'observer des multiples de l'angle : l'instrument reçoit alors le nom de *cercle à réflexion*.

207. *Vérifications de l'instrument.* — Pour que cet instrument donne exactement la mesure des angles, il doit satisfaire aux vérifications suivantes :

1° Que le zéro du vernier de l'alidade coïncide avec celui du limbe lorsque les deux miroirs sont parallèles ;

2° Que l'axe optique de la lunette soit parallèle au plan du limbe ;

3° Que les plans des miroirs soient perpendiculaires à celui du limbe.

1° La première condition est facile à vérifier : car, si les deux miroirs sont parallèles lorsque le zéro du vernier coïncide avec le zéro de la division, en regardant un objet avec la lunette, le miroir transparent donnera l'image vue directement, et le miroir entièrement étamé réfléchira l'image en la superposant sur la première ; autrement, le parallélisme du miroir ne serait pas exact, et il faudrait le rectifier jusqu'à ce que cette condition soit remplie.

2. Pour s'assurer de la seconde, on se sert d'une lunette d'épreuve, qui est supportée par deux collets quadrangulaires. Cette lunette a besoin d'être vérifiée elle-même, en la retournant successivement sur les quatre faces des collets et en visant toujours le même point ; elle est armée de vis qui permettent de corriger le réticule qui porte les fils. Cette lunette, une fois rectifiée, on pointe un objet avec elle en la posant sur le plan du limbe et on pointe le même objet avec la lunette du limbe. S'il y a erreur

pour les fils de la lunette du limbe, on les rectifie au moyen de vis comme pour la lunette d'épreuve.

3° On s'assure de la troisième condition en se servant de deux cubes A et B de métal, bien calibrés, qu'on nomme *viseurs*.



On place les deux viseurs sur le limbe, et on vérifie d'abord le miroir mobile, en le tournant de manière que l'œil en O, aperçoive directement une arête de A, et l'une de celles de B par réflexion, toutes deux se confondent avec le bord N du miroir. Si ce miroir n'est pas perpendiculaire au limbe, l'arête réfléchie paraîtra inclinée et n'aura qu'un point de commun avec celle de A. Pour le corriger et amener une coïncidence parfaite, on se sert des vis qui le fixent à l'alidade.

Pour le second miroir, la condition exigée se trouve remplie quand les deux images, l'une directe, l'autre réfléchie, se superposent entièrement. Car, s'ils avaient seulement leurs traces parallèles, les deux images seraient situées l'une au-dessous de l'autre.

208. *Usage de l'instrument.* — Pour rapporter un point sur une carte avec cet instrument, on peut suivre le procédé adopté par les ingénieurs hydrographes. L'instrument se tient à la main et peut servir à cheval. On pointe, dans cette position, plusieurs points déjà déterminés, et, au moyen des angles observés, on fixe sa position en dérivant des segments capables sur les côtés qui lient les points connus.

209. *Mesure des angles verticaux.* — M. Elie de Beaumont, membre de l'Institut, indique, dans ses leçons, au collège de France, un moyen fort ingénieux pour obtenir les distances zénithales ou les angles de dépression, avec le sextau.



Il se sert d'un horizon artificiel, fourni par une large goutte de mercure renfermée dans un flacon en bois.

L'usage qu'il en fait est fondé sur ce principe que : *lorsqu'on regarde sa propre image dans un liquide en repos, le rayon visuel, mené de l'œil à l'image de ce même œil, est exactement vertical.*

Il n'est nullement nécessaire que la surface réfléchissante soit éclairée, cette surface peut être dans un endroit très obscur ; il suffit qu'elle reçoive les rayons qui doivent s'y réfléchir.

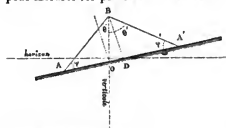
On place à terre le flacon B qui contient le mercure et on le laisse se reposer ; on regarde par le goulot du flacon, et l'œil ne reçoit que les rayons réfléchis sur la partie centrale et plane du mercure ; la ligne droite, suivant laquelle l'œil se voit lui-même, est une ligne rigoureusement verticale. Ce rayon visuel, perpendiculaire à l'horizon, devient la verticale du lieu à laquelle se rapportent les mesures d'angles.

Pour opérer, voici ce que dit M. Elie de Beaumont : « Je place le mercure par terre,

afin qu'il soit le plus loin possible de mon œil ; je mets la lunette à l'instrument, afin d'y mieux voir, et je m'arrange de manière à voir dans le mercure l'image de l'instrument, et même du point par lequel le rayon visuel traverse l'instrument. Je suis sûr que ce point est verticalement au-dessus de son image dans le mercure. Je n'ai qu'à amener l'image d'un objet extérieur, du sommet d'une cheminée, par exemple, de manière que je la voie aussi dans le mercure, et la faire coïncider avec l'image du point de l'instrument où passe le rayon visuel, j'aurai dans l'instrument la mesure de l'angle compris entre la ligne menée au sommet de la cheminée et la partie inférieure de la verticale. »

Il ajoute : « J'ai soin de placer sur le bord du sextant, derrière le miroir fixe, un petit morceau de papier blanc, percé d'une ouverture étroite, qui correspond à l'axe de la lunette, dont l'instrument est pourvu. Sur la surface extérieure du petit morceau de papier, est tracée une ligne noire dirigée perpendiculairement au plan du cercle gradué, et interrompue seulement par la petite ouverture dont j'ai parlé, et au milieu de laquelle correspond cette même ligne noire. Je place alors le sextant au-dessus du mercure, en tournant la lunette verticalement, et je cherche à apercevoir dans le mercure l'image réfléchie de la ligne noire que porte le papier. Lorsque j'y suis parvenu, je suis certain que le rayon visuel, mené de l'image de la ligne noire dans le mercure à son image dans mon œil, ne peut s'écarter de la verticale qu'en raison de ce que cette petite ligne n'est pas sans épaisseur, et de ce que l'ouverture faite dans le papier a une largeur sensible ; mais ces deux sources d'erreur peuvent très aisément être atténuées, de manière à ce que l'erreur possible soit nécessairement au-dessous d'une minute. Etant une fois sûr de la verticalité du rayon visuel qui part de l'image de la ligne noire réfléchie par le mercure, je n'ai plus qu'à amener l'image d'un objet quelconque réfléchi sur le miroir mobile, à coïncider avec celle de la ligne noire, pour avoir sur le limbe de l'instrument, l'angle compris entre la verticale et une ligne menée du centre de l'instrument à l'objet dont il s'agit.

210. *Mesure des pentes.* — M. Elie de Beaumont indique encore le procédé suivant, pour mesurer les pentes avec le sextant.



hizon, sera sensiblement,

$$\omega = \frac{\theta' - \theta}{2},$$

car BO perpendiculaire à l'horizon, et BD perpendiculaire à la pente AA', donnent l'angle DBO = ω , et on aura :

L'observateur en B fixe, à la vue, deux points A et A', situés à peu près à la même distance de B, l'un sur la pente descendante, l'autre sur la pente montante, et avec le sextant et l'horizon artificiel, sur la verticale en O, il mesure les inclinaisons des rayons visuels dirigés de ces deux points.

Soient θ et θ' les deux inclinaisons obtenues, celle de la surface AA' avec l'ho-

$$\angle BOA' = \theta + \varphi = 100^\circ - \omega$$

$$\angle BOA = \theta' + \varphi' = 100^\circ + \omega$$

d'où

$$\omega = \frac{\theta - \theta'}{2} + \frac{\varphi' - \varphi}{2}.$$

La hauteur BD, exagérée dans la figure relativement aux distances BA et BA', est dans la nature la hauteur d'un homme, environ 1^m,50, et les angles φ' et φ sont toujours très petits, en sorte que la moitié de leur différence, ou $\frac{\varphi' - \varphi}{2}$, peut être négligée sans erreur appréciable, on pourra donc poser très approximativement :

$$\omega = \frac{\theta - \theta'}{2}.$$

Si les deux distances DA et DA' étaient rigoureusement égales, les angles φ et φ' seraient égaux, et leur différence serait nulle ; mais les deux distances DA et DA' pourraient différer notablement sans que $\frac{\varphi' - \varphi}{2}$ cessât d'être une quantité négligeable ; ainsi pour BD = 1^m,50, DA = 1500^m, et DA' = 2000^m, la différence $\frac{\varphi' - \varphi}{2}$ est à peu près de 25''.

211. On a imaginé beaucoup d'instruments portatifs, dont la description est longue et pénible tandis que l'instrument se conçoit rien qu'à la vue.

Voir les instruments de reconnaissance à l'usage des ingénieurs, des officiers d'état-major, des géologues et des voyageurs, exécutés d'après les idées et les dessins de M. Le Blanc, commandant du génie, par M. Gravel, rue Cassette, 14.

La description de ces instruments a paru d'abord dans le *Guide du Sondeur*, par M. Degousée, publié par Langlois, rue de la Harpe, 81.

La connaissance de leur emploi forme le complément des méthodes indiquées dans la *Note sur les levés à vue et le dessin d'après nature*, publiée par Roret, rue Haute-fenille, 10, qu'on trouve aussi chez M. Gravel, et qui est entrée dans l'enseignement de l'Ecole du génie de Metz, et à l'Ecole des mines de Paris.

Voir aussi chez M. Gravel le niveau à réflexion modifié par M. Le Blanc, et qui sert pour la mesure et le tracé des pentes.

212. L'instrument le plus utile pour un officier chargé d'une reconnaissance rapide, pour un voyageur qui doit explorer une contrée inconnue, serait une boussole portative donnant à la main des directions azimutales, sans de trop notables erreurs, et pouvant au besoin, posée sur un pied, présenter l'exactitude des boussoles ordinaires.

213. *Boussole de M. Burnier.* — La boussole de M. Burnier, satisfait assez bien à ces conditions : elle se compose essentiellement d'un limbe fixé sur l'aiguille aimantée et mobile avec elle ; de telle sorte, que l'angle azimutal est donné par la lecture de la graduation qui se trouve dans le plan même de la boussole, ou qui oscille également des deux côtés de ce plan. La ligne de mire est déterminée par deux fils situés dans un plan perpendiculaire au limbe de l'instrument. Le limbe est une portion de surface cylindrique, sur laquelle sont tracées les divisions dans le sens des génératrices ; cette dis-

position permet à l'observateur de lire directement, en même temps qu'il amène le plan de mire sur l'objet. Cette lecture est, comme on le voit, préférable à celle qui se fait à l'aide d'un prisme, placé dans la condition de la réflexion totale, adapté à la *boussole anglaise*, dont le limbe est un plan comme à l'ordinaire.

La boussole de Burnier porte un segment de lentille convexe, ou mieux une lentille cylindrique à génératrices verticales, ayant pour but de faciliter la lecture en grossissant les divisions.

On peut remarquer que si le limbe, surmonté d'une ligne de repère fixe, était situé exactement à la distance focale de la lentille, il deviendrait superflu de placer des fils ou pinnules pour servir de plan de mire; les rayons lumineux émanés du foyer, à leur émission de la lentille, sortiraient parallèles, et la simple coïncidence d'une division avec le repère indiquerait l'azimut de l'objet qui serait vu au-dessus du repère.

La boussole de Burnier, fort ingénieuse et très employée d'ailleurs, présente deux inconvénients graves qui nuisent à son exactitude : 1° le limbe manque de stabilité, par suite du tremblement de la main, qui, élevée à la hauteur de l'œil, se trouve sans appui; 2° le limbe, en raison de l'inclinaison donnée involontairement à la boussole, éprouve fréquemment un frottement contre les parois de la boîte, d'où résulte souvent une erreur notable dans le résultat de l'observation.

214. *Boussole ordinaire transformée en boussole à main.* — On peut facilement transformer une boussole ordinaire en une boussole à main; il suffit pour cela de fixer au cadre de cette boussole, d'un côté une glace inclinée à 50 grades, et portant une ligne de repère; puis, du côté opposé, une pointe en cuivre perpendiculaire à la surface supérieure de son limbe. Dans cet instrument, le pointé de l'objet a lieu par réflexion, tandis que la lecture de l'angle azimutal est directe; l'observation présente une exactitude assez satisfaisante, en ce que la main qui soutient l'instrument se trouve appuyée contre le corps, et qu'en second lieu, l'observation directe de l'aiguille permet de la maintenir parfaitement libre sur son pivot; cette idée est due à M. le capitaine Hossard.

215. *Relief du terrain par des moyens expéditifs.* — Un niveau devient un instrument indispensable, lorsqu'il s'agit de comparer les hauteurs, d'étudier le relief du terrain, et de l'exprimer avec quelque exactitude.

Dans les reconnaissances rapides, il faut un instrument très portatif et avec lequel on puisse observer sans être assujéti à s'embarasser d'un pied d'instrument.

216. *Niveau de Burel.* — Parmi les niveaux à main, on peut citer le niveau Burel, qui se compose d'une glace suspendue librement, et dont le plan est vertical à la position d'équilibre. Dans cet instrument, lorsqu'il est bien réglé, l'image de l'œil détermine le rayon visuel horizontal.

217. *Niveau Cousinery.* — Le niveau Cousinery consiste en un petit cylindre en acier poli, sur lequel on fait réfléchir un carré de papier blanc. Le bord supérieur du papier et celui de l'image déterminent, par leur coïncidence, une ligne visuelle horizontale, si le cylindre a son axe vertical par suite de sa libre suspension.

218. *Niveau Burel, modifié par M. le commandant du génie Leblanc.* — Cet instrument portatif, facile à régler, est susceptible, par l'addition d'une tige graduée et d'un

curseur, de prendre des inclinaisons déterminées, et de servir ainsi à mesurer des angles de pente.

219. *Niveau à main du capitaine Hossard.* — Le niveau à main du capitaine Hossard est basé sur le principe du niveau d'eau ; il se compose de deux tubes en verre, parallèles, d'un centimètre de diamètre, mis en communication à leurs parties supérieures et inférieures par des tubes plus petits, de manière à former un rectangle d'environ 20 centimètres de longueur. Le liquide est de l'alcool coloré, qui remplit la moitié de la capacité des tubes. Cet appareil, en verre, est à demi noyé dans une planchette de bois, et fermé par une autre planchette semblablement creusée, qui, jointe par des charnières à la première, sert de couvercle.

220. *Niveau qu'on peut construire soi-même.* — En campagne, on peut improviser un niveau à main au moyen d'une tige de bois de 20 centimètres de longueur, à chacune des extrémités de laquelle on aura attaché deux fils se rejoignant deux à deux, de manière à former deux triangles isocèles, ayant la tige de bois indiquée ci-dessus pour base commune. Le sommet de l'un des triangles servira de point de suspension, tandis qu'une balle sera fixée, à l'aide d'un fil, au sommet de l'autre triangle.

Dans la position d'équilibre, les deux sommets appartiendront à la même verticale, et l'horizontale pourra être donnée par deux points marqués sur les fils près de la base du triangle, et qu'on aura obtenu facilement par des retournements successifs.

221. *Usage du niveau à main.* — Le niveau à main servira non-seulement à déterminer des points situés au même niveau ; mais il fournira en outre un procédé facile pour obtenir une coupe de terrain, suivant la direction que l'on a l'intention de parcourir. Pour cela, on observera sur cette direction un objet remarquable, appartenant à la surface du terrain, et situé sur la ligne de niveau passant par l'œil ; puis on comptera combien il y a de pas depuis le lieu de la station jusqu'au point observé. Arrivé à ce point, on fera une observation semblable sur le prolongement de la direction à suivre, et on s'élèvera ainsi successivement par gradins jusqu'à la ligne de faite, en ayant soin de marquer sur la planimétrie, tous les points de station, et d'y inscrire des numéros d'ordre. En descendant la pente opposée, on emploiera un procédé inverse, qui sera un peu plus long, parce qu'après avoir compté les pas, on devra faire une petite correction due à la recherche du point qui placera l'œil sur la ligne de niveau du point précédent.

Le terrain se trouvera ainsi coupé par des tranches, dont l'équidistance sera égale à la hauteur de l'œil de l'observateur au-dessus du sol.

L'expression de la pente, entre deux points consécutifs, sera donnée par la formule

$$\frac{h}{K.n}$$

dans laquelle h est l'élévation de l'œil de l'observateur au-dessus du sol, n le nombre de pas comptés d'une tranche à l'autre, et K le coefficient par lequel le nombre de pas doit être multiplié pour les transformer en mètres.

222. *Exemple.* — Avec $K = 0.8$ valeur qui correspond à la marche assez ordinaire

de cinq pas pour $\frac{1}{2}$ mètres, et une valeur de $h = 1^m,60$, qui satisfait assez bien à la taille moyenne, l'expression de la pente se réduit à :

$$\frac{1}{\frac{n}{5}};$$

ainsi, pour 40 pas, la pente serait $\frac{1}{20^e}$; c'est le maximum de pente, toléré pour les routes.

223. Si l'expression de la pente ne se réduit pas, pour tous les observateurs à une formule aussi simple; du moins, il est toujours facile de la calculer et de construire une table à l'avance, l'argument sera le nombre de pas comptés.

Il sera bon, au moyen de quelques expériences, de tenir compte pour les pentes roides de leur influence sur le nombre de pas, soit en montant, soit en descendant. On aura d'ailleurs égard, en même temps, à la différence qui existe entre l'hypothénuse et la base réelle.

224. Au fur et à mesure qu'on s'élèvera, on pourra déterminer sur les pentes voisines, des points de même niveau que celui dont on aura déterminé la hauteur; ces points situés sur les mêmes courbes horizontales, porteront le même numéro d'ordre. Si les points étaient éloignés de plus d'un kilomètre, on devrait tenir compte de la sphéricité de la terre.

225. Dans une reconnaissance de route, le niveau à main permettra d'apprécier exactement les pentes, et par suite, l'accroissement du tirage des voitures, il sera bon de mesurer le maximum de pente, qui d'ailleurs est toujours situé au passage de la forme convexe à la forme concave du terrain.

226. D'après ce qui précède, on peut conclure que le niveau à main serait encore un instrument fort utile pour étudier les reliefs du terrain, lors même que l'observateur serait muni d'un élimètre et exécuterait des opérations régulières.

Levés à vue et au pas.

227. Les levés à vue ont pour but de fournir de suite, ou dans le plus bref délai, et souvent en présence de l'ennemi, tous les renseignements utiles pour les besoins de l'armée: alors tout doit être sacrifié à la promptitude de l'exécution.

L'œil exercé est ici le principal instrument; c'est lui qui estime souvent les angles et les distances. Avec l'habitude, les petites distances s'apprécient assez bien, celles qui dépassent le coup-d'œil, se mesurent au pas de l'homme, au pas du cheval, et les plus considérables s'évaluent à l'heure donnée par une bonne montre. Les angles peuvent être mesurés par une boussole de poche ou la fausse équerre.

228. *Du pas de l'homme et de celui du cheval* — On ne peut, sur ces expériences, fournir des principes généraux, chaque observateur obtenant des résultats qui lui sont propres. Il est donc indispensable que chaque officier, dans ses loisirs, prenne connaissance de son pas et de celui de son cheval, en parcourant lui-même, et en faisant parcourir à son cheval, des espaces connus en mètres, et en regardant à sa montre le temps employé à les parcourir.

Enfin, à défaut d'expériences, si l'on est contraint à se contenter de moyens approximatifs, on peut s'arrêter aux suivants :

Un homme parcourt, au pas ordinaire d'infanterie, 50 mètres par minute; au pas de route, 60 mètres; au pas accéléré, 70 mètres, ..

Un cheval parcourt, au pas, 100 mètres dans une minute; au trot, 200 mètres; au petit galop, 300 mètres, et au galop fort, 400 mètres.

229. Pour évaluer de grandes distances, on peut quelquefois tirer parti de la manière dont le son se propage :

Les expériences ont fait connaître que le son parcourt environ 34 décimètres par seconde, dans une atmosphère calme; que le vent, pour influencer sensiblement sur cette vitesse, devait être à peu près dirigé comme le son; et qu'alors, un vent ordinaire augmentait ou diminuait d'environ un décimètre la vitesse du son calme, tandis qu'un vent orageux pouvait l'altérer de 3 décimètres.

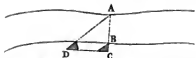
Comme la détonation des armes à feu est accompagnée d'une lumière instantanée (*), si on remarque le temps écoulé, entre l'apparition de cette lumière et la perception du son, il faudra multiplier le nombre de secondes observées par 34 décimètres $\pm$ la vitesse du son.

L'influence du vent, les erreurs d'évaluation sur le temps, rendent cette observation bien difficile, et ces difficultés ont fait assigner pour limite inférieure aux distances appréciables au moyen du son, celle de 80 décimètres passible d'une erreur du dixième de sa longueur.

230. *Levé par le secours des alignements.* — S'il s'agit de lever un espace dont le contour soit connu, et sur lequel on possède plusieurs points bien déterminés dans l'intérieur, ou se place à l'un de ces points; on voit que plusieurs objets sont alignés entre eux, chose à laquelle l'œil est très sensible que de voir si des points sont alignés. On se transporte de même à un autre point, et, après avoir noté comment tous les points remarquables, vus de quelques points connus, se projettent les uns par rapport aux autres, et par rapport aux diverses contours, après avoir pris note des dispositions des ravins et autres accidents du sol, on peut faire une carte suffisamment exacte; on place tous les points avec une assez grande approximation, et on finit par intercaler les détails topographiques dans les intervalles, au moyen de notes prises dans les diverses courses qu'on a pu faire, de manière à donner une idée suffisante des lieux, et qui, dans tous les cas, est toujours un document précieux pour une contrée peu connue.

231. *Petits moyens pour évaluer des distances inaccessibles.* — Les visées fournies par les deux côtés rectangulaires d'une équerre isocèle et la visée suivant son hypothénuse qui, dans ce cas, devient celle de la diagonale du carré, peuvent servir comme petit moyen pour évaluer des largeurs de fleuve, les hauteurs d'édifices, etc,

(*) La vitesse de la lumière, conclue de l'observation de certains phénomènes astronomiques, a été trouvée de 31 millions de lieues en 8' 13", ou environ 6,500 myriamètres par seconde.



cours du fleuve. Dans cette position, les deux côtés de l'équerre donnent les deux visées rectangulaires CA et CD. On fait jalonner la direction CD, et on marche dessus jusqu'à ce que, par tâtonnement, on arrive, en orientant l'équerre sur DC comme l'indique la figure, à avoir la visée DA de l'hypothénuse dirigée en même temps sur le point remarqué A ; DA étant la diagonale d'un carré, le côté DC sera égal au côté cherché CA.

L'équerre d'arpenteur, qui donne la mesure de l'angle droit et de 50°, serait arriver au même but, d'une manière plus exacte.

232. L'équerre isocèle peut encore servir à mesurer la hauteur d'un objet AB.



La figure ci-jointe indique la position de l'équerre. Il a fallu chercher une position convenable, pour obtenir les deux visées CA et CB, l'une par un des côtés de l'équerre, l'autre par l'hypothénuse. Le terrain est supposé horizontal, et on a dévié approximativement le pointé, pour remédier à l'élévation Cm. Alors, il n'y a plus qu'à mesurer mA, qui est égal à la hauteur cherchée An.

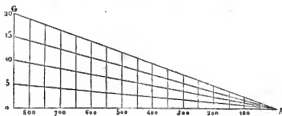
233. L'ombre d'un objet vertical, que projette le soleil sur plan horizontal, peut encore servir à calculer la hauteur de cet objet :



On prend la mesure de CE, de CB, de EG, et on aura AB par la proportion :

$$CE : EG :: CB : AB = \frac{EG \times CB}{CE}.$$

234. *Angles de hauteur.* — On peut, sans instrument, obtenir graphiquement des angles de hauteur. On place un jalon en terre verticalement, au moyen d'un fil à plomb. On trace sur un papier une ligne droite, que l'on applique au long du jalon ; on applique sur le papier une règle, ou le décimètre, en le dirigeant sur l'objet dont on veut connaître la hauteur relative. Sa trace, marquée sur le papier avec un crayon, fera avec le trait vertical un angle qui permettra de mesurer au rapporteur l'angle de dépression ou d'ascension, et, avec cet angle et la distance de l'objet, on pourra calculer sa cote.



235. On peut, sans calculer le triangle, trouver la différence de niveau approchée, par le procédé graphique suivant :

A 0, divisée en parties égales, représente la longueur de la base à l'échelle.

A 5, A 10, etc., sont des lignes dirigées de manière à faire avec A 0 des angles de 5, 10, ... grades; les perpendiculaires élevées par les points de division de la base, fournissent des triangles rectangles semblables, dont les hauteurs multipliées par le dénominateur de l'échelle sont les différences de niveau cherchées.

236. *Distances évaluées par les lois de la perspective.* — D'après les lois de la perspective, on peut se créer soi-même une échelle propre à évaluer les distances, d'après le procédé indiqué par M. Le Blanc, commandant du génie.

On prend une petite règle hexagonale ou octogonale de 20 centimètres de longueur et de 1 centimètre de diamètre. On se place, par exemple, à 100^m d'un objet dont on connaît la hauteur. On tend le bras, en tenant dans les doigts la règle verticale, et de manière à avoir, pour chaque opération, cette règle toujours à la même distance de l'œil. La règle se tient presque à la hauteur des yeux, entre le pouce et les autres doigts; on ferme un œil pour viser simultanément les deux extrémités de l'objet et marquer avec l'ongle du pouce la longueur de la règle comprise par l'angle dont le sommet part de l'œil, et dont les côtés aboutissent aux extrémités de l'objet: on marque alors 100^m sur la règle au trait de l'ongle. On fait l'expérience à 200, 300 mètres, etc., et, avec cette règle, en pointant l'objet connu de grandeur, on aura approximativement sa distance à l'objet observé. Cette règle devient une espèce de micromètre.

237. *Lunette à micromètre.* — On trouve chez M. Gravet, rue Cassette, 14, au prix de 35 fr., des lunettes de reconnaissance avec support et micromètre, pour la détermination des distances. Voici ce que dit M. le commandant Le Blanc sur cet instrument :

Un petit micromètre, gravé sur gélatine, où le millimètre est divisé de 8 à 10, suffit pour faire, avec assez de précision, des déterminations de distances au moyen de la formule :

$$X = \frac{H}{A} \phi \times 100.$$

dans laquelle X est la distance d'un objet à l'objectif ;

H la grandeur de l'objet ;

A le nombre de divisions qu'il intercepte sur le micromètre ;

ϕ un coefficient constant, déterminé par une expérience dans laquelle on connaît

X, H et A. C'est la distance focale de l'objectif mesurée en parties du micromètre.

Cette formule est inscrite dans le couvercle des lunettes avec la valeur de ϕ , qui varie de 11 à 12.

Les officiers, qui ont souvent à déterminer la distance à laquelle ils se trouvent d'un homme ou d'un cavalier, feront bien d'insérer à côté une petite table de divisions du micromètre interceptées par l'homme et le cavalier à 200, 400, 600...., etc., mètres.

On trouve aussi, dans le couvercle des lunettes, une autre formule :

$$X = \frac{ac h'}{h' - h},$$

relative au cas où, H étant inconnue, on fait deux observations successives h et h' , à une distance ac de l'objet.

Les divisions du micromètre sont réunies de cinq en cinq par une petite barre, pour rendre la lecture plus facile.

Pour bien faire une observation avec une lunette, il faut pouvoir la fixer ; l'on y parvient facilement au moyen d'une vrille, qui est reliée à la lunette par un mouvement de charnière comme celui des têtes de compas : la vrille se fixe à un pied, à un arbre, etc.

FIN.

608600



24°

SDN

TABLE DES MATIÈRES.

INTRODUCTION.	PAGE.
Utilité de la topographie dans l'art militaire.	xi
Topographie générale.	id.
Mémoires.	id.
Topographie proprement dite.	id.
Plans ou cartes de peu d'étendue.	id.
Considérations générales sur les grandes cartes.	xii
Divers modes de projection.	id.
Projections stéréographiques.	id.
Projections par développement.	xiii
Développements coniques.	id.
Projections de Flamsteed.	xv
Projection modifiée de Flamsteed.	id.
Procédé suivi pour la Carte de France au Dépôt de la guerre.	xvii
Nécessité d'un canevas trigonométrique pour coordonner les levés partiels et les soumettre à la projection adoptée.	id.
Précis des opérations exécutées à la Carte de France pour la formation d'un canevas de 1 ^{er} ordre.	xviii
Précis des mêmes opérations pour la formation d'un canevas de 2 ^e ordre.	xix

LIVRE I^{er}. — TRIGONOMETRIE.

CHAPITRE I ^{er} . — RÉSOLUTION DES TRIANGLES RECTILIGNES.	PAGE.
Résolution des triangles rectangles.	2
Résolution des triangles obliques.	4
1 ^{er} Cas, un côté et trois angles.	5
2 ^e Cas, deux côtés et l'angle compris.	7
3 ^e Cas, trois côtés.	8
4 ^e Cas, deux côtés et un angle opposé.	9
5 ^e Cas, détermination d'un point par trois autres connus de position.	10
CHAPITRE II. — CALCUL RELATIF À UN ENCHAÎNEMENT GÉODÉSIQUE.	PAGE.
Résumé des calculs à faire dans un enchaînement géodésique.	id.
Triangles sphériques très peu courbes.	13
Précautions à prendre dans la formation des triangles.	14
Coordonnées géographiques.	id.

Bases.	PAGE.
Angles ramenés au centre.	21
CHAPITRE III. — INSTRUMENTS DESTINÉS À MESURER LES ANGLES EN GÉODÉSIE.	PAGE.
Avantage de la répétition des angles.	id.
Vernier, Nonius.	31
Correction de l'erreur de répartition des divisions du limbe par la lecture des quatre verniers.	35
Usage du cercle répétiteur.	36
Mesure d'un angle dans le plus des objets.	37
Disposition de l'instrument pour les distances zénithales.	id.
Mettre la colonne verticale.	id.
Mettre le limbe vertical.	38
Mesure des distances zénithales.	id.
Lunettes, régler l'oculaire, parallaxe, axe optique.	39
Distance zénithale prise d'un seul côté.	40
Usage du théodolite.	41
Lunettes.	id.
Régler l'instrument.	id.
Régler le niveau.	42
Mettre le limbe horizontal.	id.
Régler l'axe optique de la lunette à l'intersection des fils.	id.
Régler les fils.	43
Observation des angles horizontaux.	id.
Distances zénithales.	44
Régler l'instrument.	id.
Verticalité du limbe.	45
Rendre la lunette parallèle au limbe.	id.
Observation des distances zénithales.	id.
Distances zénithales prises d'un seul côté.	46
Atmosphère sur les distances zénithales.	id.
CHAPITRE IV. — NIVELLEMENT GÉODÉSIQUE.	PAGE.
Points de niveau.	id.
Différence de niveau par une seule observation de distance zénithale.	id.
Réduction de la distance zénithale au sommet du signal.	id.
Réfraction.	48
Calcul de la différence de niveau.	id.
Calcul de la différence de niveau par des distances	id.

	Page.		Page.
<u>réinitiales réciproques et simultanées, calcul de la</u>		<u>Erreur de collimation à la planchette.</u>	<u>id.</u>
<u>réfraction.</u>	49	<u>Méthode d'intersection.</u>	<u>id.</u>
<u>Formule usitée au 3^e ordre pour le calcul des diffé-</u>		<u>Méthode de cheminement.</u>	88
<u>rences de niveau, le coefficient de la réfraction</u>		<u>Méthode de rayonnement central.</u>	<u>id.</u>
<u>étant connu.</u>	50	<u>Planchette avec déclinaire.</u>	<u>id.</u>
<u>Formule des différences de niveau obtenues a priori.</u>	51	<u>Cas particuliers : point de départ.</u>	<u>id.</u>
<u>Règles des signes pour les différents cas de la for-</u>		<u>Extrémités de la base inaccessible.</u>	89
<u>mule des différences de niveau, et exemples nu-</u>		<u>Relèvement d'un point par trois autres.</u>	<u>id.</u>
<u>mériques.</u>	52	<u>Tirer parti d'un point pris hors de la planchette.</u>	90
<u>Calcul des différences de niveau par l'éclimètre à la</u>			
<u>topographie; règles des signes; exemples.</u>	54	CHAPITRE II. — NIVELLEMENT TOPOGRAPHIQUE.	<u>id.</u>
<u>Note sur la mesure de l'erreur de collimation de</u>		<u>Niveau de maçon.</u>	91
<u>l'éclimètre.</u>	57	<u>Niveau d'eau.</u>	<u>id.</u>
<u>Tables pour le calcul des différences de niveau à la</u>		<u>Mire.</u>	<u>id.</u>
<u>topographie.</u>	61	<u>Niveau à bulle d'air.</u>	92
<u>Feuilles destinées au calcul des côtes de nivellement</u>		<u>Niveau de Chézy.</u>	<u>id.</u>
<u>topographique.</u>	68	<u>Nivellement simple rapproché.</u>	<u>id.</u>
<u>Cote au moyen de la mer.</u>	69	<u>Nivellement composé, par stations conjuguées.</u>	93
<u>Table donnant la hauteur absolue d'un point en fon-</u>		<u>Nivellement simple à distance.</u>	94
<u>ction de l'angle de dépression.</u>	1		
		CHAPITRE III. — FIGES GÉOMÉTRIQUE DU TERRAIN.	<u>id.</u>
		<u>Théorie des plans cotés.</u>	<u>id.</u>
		<u>Courbes horizontales.</u>	<u>id.</u>
		<u>Plans équidistants.</u>	<u>id.</u>
		<u>Courbes horizontales obtenues par des profils.</u>	95
		<u>Exemple.</u>	<u>id.</u>
		<u>Profils obtenus par les courbes horizontales.</u>	96
		<u>Cote d'un point situé entre deux courbes horizon-</u>	
		<u>tales consécutives.</u>	<u>id.</u>
		<u>Cote où l'on est obligé d'intercaler des courbes.</u>	97
		<u>Lignes de plus grande pente.</u>	98
		<u>Lois à suivre pour les lignes de plus grande pente.</u>	99
		<u>Lois à suivre pour l'expression du terrain.</u>	100
		<u>Décisions du ministère de la guerre.</u>	<u>id.</u>
		<u>Remarque sur l'art. 135.</u>	101
		<u>Courbes horizontales obtenues d'une manière appro-</u>	
		<u>chée par l'éclimètre.</u>	103
		<u>Lignes caractérisant le système général.</u>	104
		<u>Lien géométrique des points de rebroussement des</u>	
		<u>courbes horizontales.</u>	<u>id.</u>
		<u>Avis sur l'ensemble des opérations à faire dans les</u>	
		<u>levés topographiques.</u>	105
		CHAPITRE IV. — Dessin des cartes.	107
		<u>Signes conventionnels.</u>	<u>id.</u>
		<u>De la copie des dessins.</u>	109
		<u>Réduction des dessins.</u>	110
		<u>Pantographe.</u>	111
		NOTES.	
		<u>ART. I^{er}. Réduction des angles à l'horizon.</u>	113
		<u>ART. II. Résolution des triangles très peu courbés à</u>	
		<u>la surface du sphéroïde terrestre; excès sphérique.</u>	116
		<u>ART. III. Condition la plus avantageuse dans un tri-</u>	
		<u>angle pour sa formation.</u>	119

	Page.		Page.
ART. IV. Tracé et calcul de la méridienne terrestre, et des coordonnées des points, par rapport à la méridienne et à la perpendiculaire.	130	Indication des mémoires militaires à consulter. . .	141
ART. V. Tracé des parallèles par un mouvement continu dans la projection de Flamsteed modifiée, etc.	124	Instructions pour les travaux topographiques de la Carte de France.	145
Tracé des parallèles par points dans la projection de Flamsteed.	128	Termes les plus usités dans les reconnaissances militaires.	153
ART. VI. Partage de la Carte de France en plusieurs feuilles.	id.	Tableau des matières pour les mémoires.	154
Dimensions des feuilles de la Carte de France.	id.	<i>Topographie des reconnaissances militaires.</i>	174
Système d'axes rectangulaires, auquel on rapporte les projections des points trigonométriques.	129	Généralités sur les levés irréguliers.	id.
Tableaux d'assemblage pour la minute au dix millième et pour la gravure au quatre-vingt millième. Notation des feuilles.	130	Marche à suivre dans un pays découvert.	id.
Les lignes de cadre d'une feuille sont les coordonnées relatives auxquelles on rapporte les points trigonométriques.	133	Marche à suivre dans un pays couvert.	id.
La table de Plessis, ou celle IV du <i>Traité de Topographie</i> de Puissant, donnent les coordonnées absolues d'un point quelconque dont on connaît la latitude et la longitude.	id.	Du figuré du terrain.	175
Moyen employé au Dépôt de la guerre pour placer un point avec sa latitude et sa longitude, on ayant la projection des méridiens et des parallèles.	135	Du dessin des reconnaissances militaires.	175
ART. VII. Hauteurs au-dessus du niveau de la mer par le baromètre.	136	<i>Instruments portatifs.</i>	id.
Emploi des instruments.	id.	Petite planchette.	id.
Formule pour le calcul.	137	Sextant, octant, cercle à réflexion.	176
Type du calcul avec tables pour le faciliter.	139	Vérifications de l'instrument.	177
SUPPLÉMENT. — RECONNAISSANCES MILITAIRES.		Usage de l'instrument.	178
Reconnaissances militaires comparées aux levés réguliers.	143	Mesure des angles verticaux avec le sextant.	id.
But des reconnaissances militaires.	id.	Mesure des pentes avec le sextant.	179
		Notes sur plusieurs instruments portatifs, etc.	id.
		Boussole Burnier, sa différence avec la boussole anglaise.	180
		Boussole ordinaire transformée en boussole à main.	181
		Relief du terrain par des moyens expéditifs.	id.
		Niveau Burel.	id.
		Niveau Coosinery.	id.
		Niveau Burel, modifié par le commandant du génie Leblanc.	id.
		Niveau à main du capitaine d'état-major Hossard.	182
		Niveau qu'on peut construire soi-même.	id.
		Usage du niveau à main.	id.
		Formule de l'expression des pentes.	id.
		Lerés à vue et au pas.	183
		Pas de l'homme et celui du cheval.	id.
		Évaluation des distances par la propagation du son.	184
		Levé par le secours d'alignements.	id.
		Petits moyens pour évaluer les distances inaccessibles.	id.
		Angles de hauteur.	185
		Distances évaluées par les lois de la perspective.	186
		Luette à micromètre avec les formules.	id.

C U X E

C U X E

A B C X Y Z &, A Æ Œ

A B C X Y Z &, A Æ Œ.

I, II, III, IV, LXXX, XC, C, D, M.

abc 5 4 5 6 7 8 9 10 .

abc 5 4 5 6 7 8 9 10 .

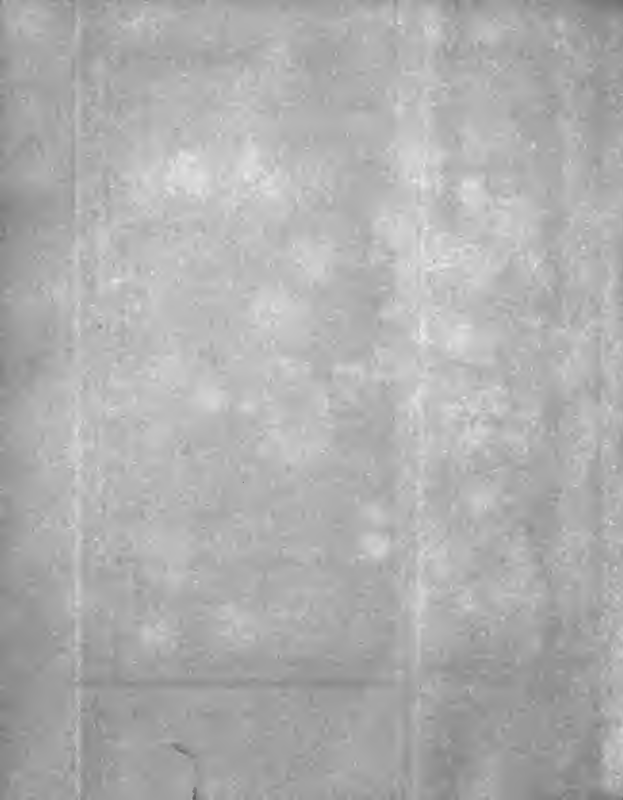
abc wff. 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10.

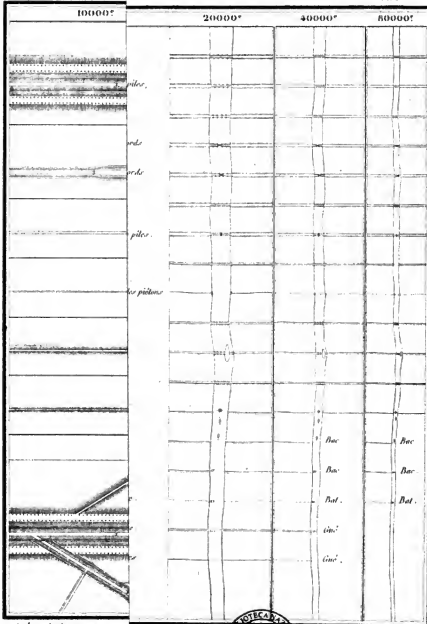


	10000'	1000'	20000'	40000'	80000'
1 ^{re} Ordre	VILLE	VL	CAYL	CAYL	CAYL
2 ^e Ordre	VILLE	V	Canal	Canal	Canal
3 ^e Ordre	VILLE	V	Route	Route	Route
Grand	BOURG	B	Route	Route	Route
Ordinaire	Village	V ^{sée}	Chaussée	Chaussée	Chaussée
	Village	V ^{sentier}	Chemin, Sentier	Chemin, Sentier	Chemin, Sentier
	Hameau	h	Avenue	Avenue	Avenue
	CITADELLE	C	LAC	LAC	LAC
	Château Fort	C	LAC	LAC	LAC
	Château de Plai.	C	Lac	Lac	Lac
	Convent, Abbaye	CVG	ETANG	ETANG	ETANG
	EAU BOURG	E ^g	Etang	Etang	Etang
	Fort	F ^g	Etang	Etang	Etang
	Porte, Barrière	POUR ^{RE}	EMBOUR ^{RE}	EMBOUR ^{RE}	EMBOUR ^{RE}
	Port de Rivière	P ^{uchure}	Embouchure	Embouchure	Embouchure
	Redoute	R ^e	Digue	Digue	Digue
	Retranchement	R ^e	Digue	Digue	Digue
	Parc	P	Camp	Camp	Camp
	Bruyère	pluc	Aqueduc	Aqueduc	Aqueduc
	Marais	M	Anse	Anse	Anse
	Lieu-dit	L			
	Glacier	G			
	Rocher	R			
Moyen	GOLFE	G			
Ordinaire	Golfe	G			
	RIDE	R			
	BASSE	B			
Grand	CAP	C			
Ordinaire	Cap	C			

Page Revue



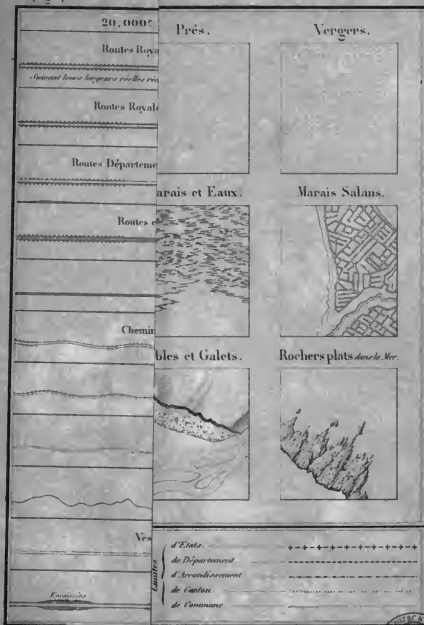




DÉPÔT GÉNÉRAL DE LA CIT



Ang. Kuntze



DÉPÔT GÉNÉRAL DE LA GUERRE

Bruyères.

Bleu de Prusse, point de Prés faibles, et teinte légère de Carmine / ces deux
 une faible partie de ces doivent être mis ensemble avec deux panaches

Marais.

Carmine, Indigo et un peu de Prés avec des flaqueurs en Bleu de Prusse





10000 ^m	20000 ^m	40000 ^m	80000 ^m
Routes principales <i>ont leurs largeurs réelles, d'après l'échelle.</i>		Routes auxiliaires ou G ^{des} communications classées <i>(Largeur conventionnelle)</i>	
<i>tracée ouverte</i>			
Routes départ <i>(Idem)</i>		Grandes communications <i>(Largeur conventionnelle)</i>	
<i>tracée ouverte</i>	<i>(Idem)</i>	Chemins communaux classés <i>(Largeur conventionnelle)</i>	
Routes pavées <i>Largeur 11</i>	<i>(Idem)</i>	Chemins vicinaux ou ruraux <i>(Largeur conventionnelle)</i>	
Routes empierreées <i>Largeur 11</i>		Chemins d'exploitations	
Routes en pays de montagne <i>pour les bêtes de somme</i>		Sentiers en pays de montagne	
Routes en bloc <i>pour les hommes</i>		Avenues <i>(Largeur conventionnelle)</i>	
Routes en b <i>Largeur 11</i>			
Routes complètes de communications par terre.			

DÉPÔT GÉNÉRAL DE LA



Imp. Boudier

10000 ^e	OBJETS	10000 ^e	20000 ^e	40000 ^e	60000 ^e
	Forteresse				
	Chalet				
	Télégraphe				
	Clotures en pierre				
	Clotures en planches ou à claire-voie				
	Clotures en levée de terre avec arbres et sans arbres				
	Clotures en haie				
	Clotures en boushon				
	Ruines				
	Clotures en fossés pleins d'eau				
	Verrerie				
	Four-à-chaux				
	Four-à-plâtre				
	Brickerie				
	Tuilerie				



Juss. Bonin

L'explication de ce système est si facile le détacher de cette
 imagine par M. le Colonel Bonne, de a b c d e f g h i k l m n o p q r s t u v w x y z. luey
 le Memorial topographique, tome I. Le papier étant tenu de la
 faire connaitre ici que les quantités cherchées et de la, à faire
 dans chaque teinte, croissent comme
 angles d'inclinaison des pentes qui
 le sinus total désignant le noir absolu
 peut avoir en conséquence une teinte
 Les pentes semblables sont toujours
 teintes semblables quelle que soit
 l'espacement des hauteurs et leur lat
 la grandeur de l'échelle suivant une
 (les diapositives s'appliquent au des

DIAPASONS DE
 approuvés par S.E. le M.
 en 1824

Pour le service du Dépôt
 Comme complément des procédés
 du relief du terrain dans les Le
 par la Commission
 et 1828

Diapason de hauteurs pour l'échelle de 15,000

Diapason de hauteurs pour l'échelle de 20,000

Diapason de hauteurs pour l'échelle de 25,000

Diapason de hauteurs pour l'échelle de 30,000

Échelle de 15,000

Échelle de 20,000

Échelle de 25,000

Échelle de 30,000





Île Bignon



Echelle de

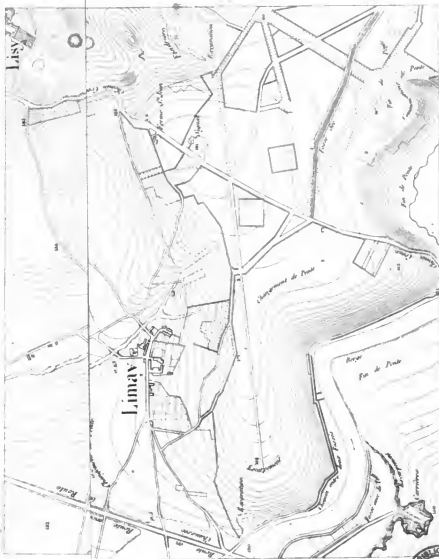


Equidistance de 2 Mètres

CARTES GRAVÉES

Application des procédés de la Commission de Topographie, réunie en 1828.
approuvés par S.E. le Ministre de la Guerre

Topographie
Voyez le résumé des délibérations de la Commission de Topographie (Chap 1^{er} Art. 2, 3, 4, 5, 6 et 7) Pl 7.



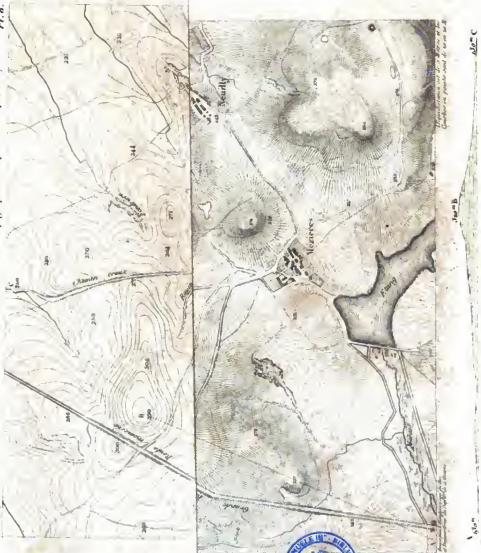
DEPOT GÉNÉRAL DE L'ÉTAT-MAJOR. Echelle de 1:50,000. Equidistance de 2.5 mètres.

Paris. J. DUMAIN, Rue & Passage Dauphine, 36.

Top. 1828.

Application des procédés de la Commission de Topographie, réunie en 1848,
approuvés par S.E. le Ministre de la Guerre.

Topographie. Voyez le résumé des délibérations de la Commission de Topographie (Chap. 1^{er} Art. 2, 3, 4, 5, 6 et 7.) Pl. 8.



Topographie. *essai au moyen de courbes horizontales équidistantes.*

pg 8^{me}



Paris. J. BONAINE, Rue & Passage Dauphine, 56.

Apr. Bonaïne

SPECIMEN DE LA NOUVELLE CARTE DE LA FRANCE,

exécutée et gravée par les soins du Dépôt de la Guerre,

Topographie

à l'Echelle de 500,000

P18²



Paris J. DU MAINE, Rue et Passage Dauphine, 58.

Long 1000000

